



Rete LAN

Formazione Animatori Digitali

Lucio Santosuosso

Mezzi trasmissivi

Reti di calcolatori

Permettono la condivisione di risorse (hardware e software) e la comunicazione con gli altri utenti



Reti di calcolatori

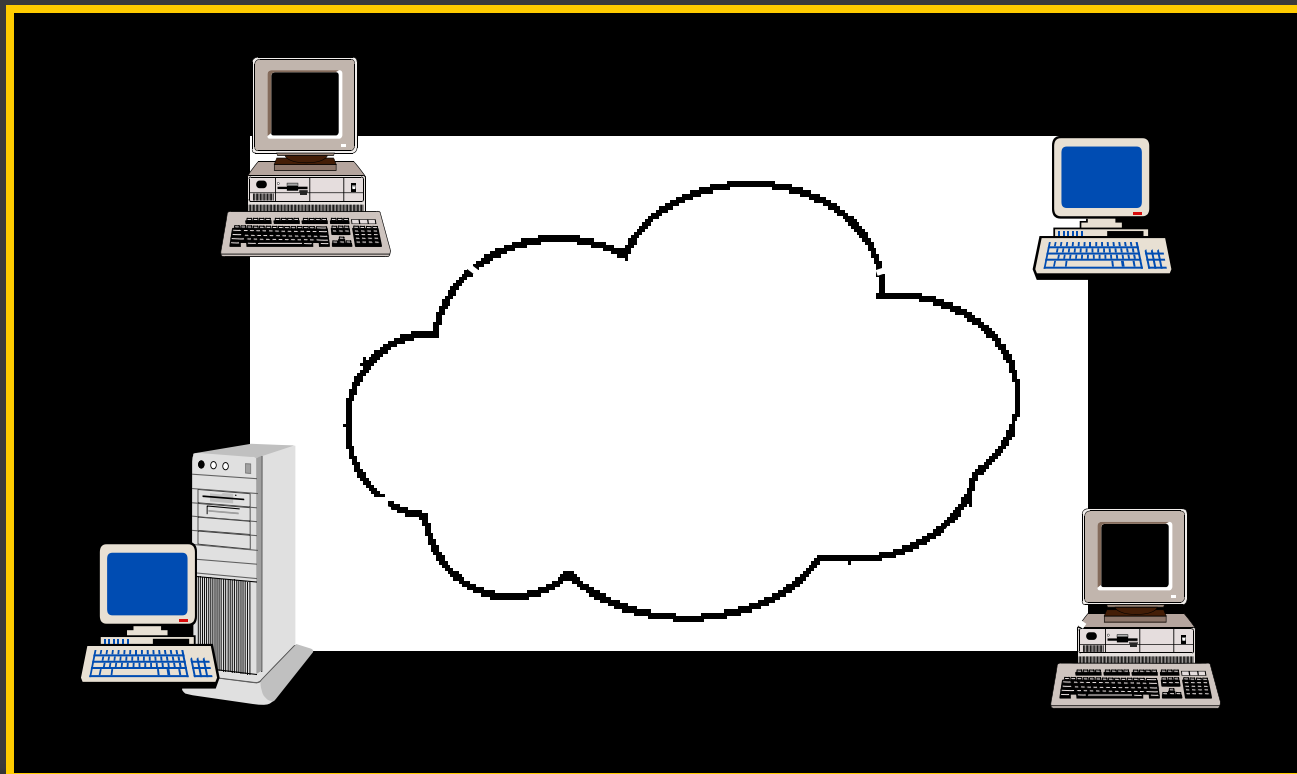
- Anni '70: calcolatori di grandi dimensioni, modello time-sharing, centri di calcolo
- Anni '80: reti di calcolatori indipendenti ma interconnessi
- **fusione tra calcolatori e comunicazione**

Reti di calcolatori

- A partire dagli anni '90 le reti hanno cominciato a fornire servizi agli individui
 - accesso a informazioni remote
WWW, servizi finanziari, e-commerce
 - comunicazione uomo-a-uomo
XIX secolo: telefono, XXI secolo: e-mail
 - intrattenimento interattivo
video on demand, giochi in rete

Reti di calcolatori

- Per ottenere tutto questo non basta più il singolo elaboratore con il suo sistema operativo ma bisogna introdurre una **rete di calcolatori**



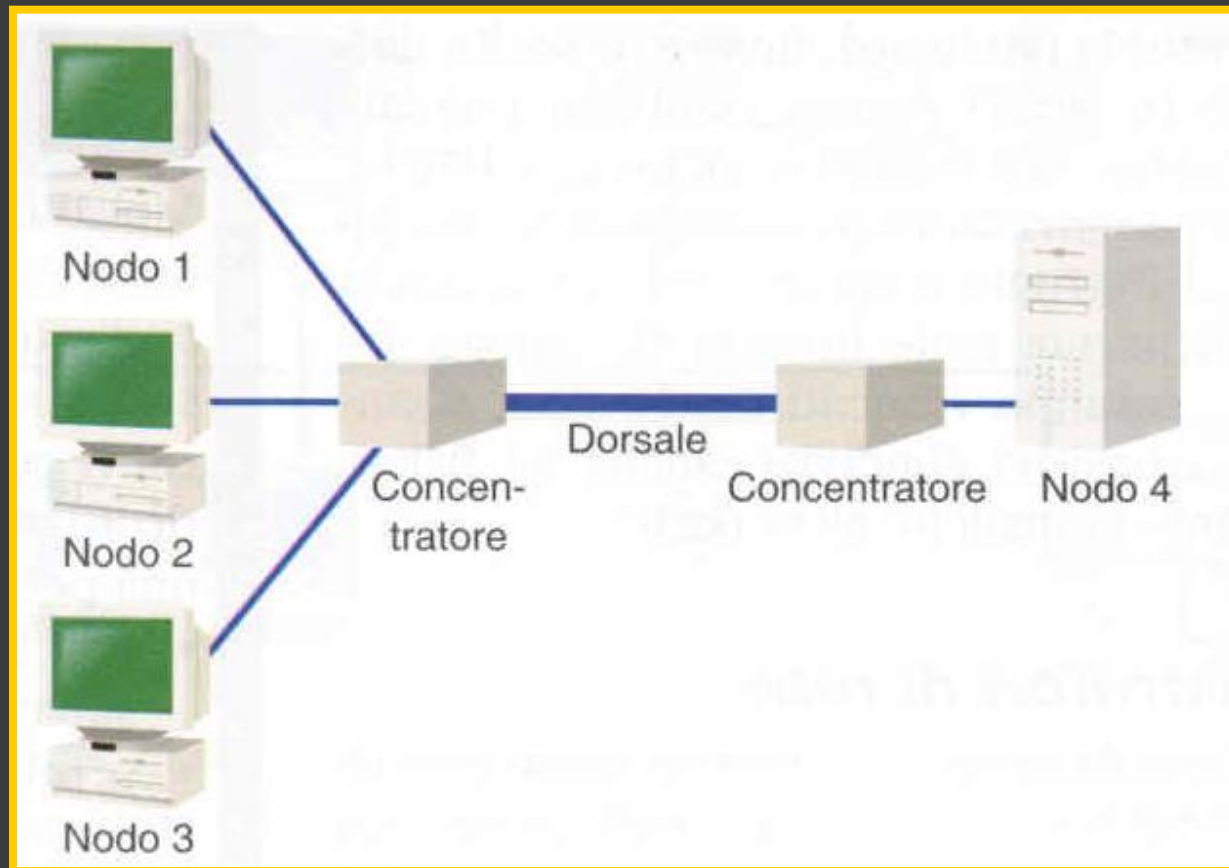
Componenti fondamentali di una rete

- **Nodo:** un nodo (**host**) è un qualsiasi dispositivo hardware del sistema in grado di comunicare con gli altri dispositivi che fanno parte della rete
- **Arco:** i nodi sono collegati mediante archi (**link**)
Formano i canali di comunicazione, ad es. cavi telefonici, fibre ottiche, collegamenti satellitari, ...
- Il tipo di cavo determina la **capacità di trasmissione**

Componenti fondamentali di una rete

- Si parla di **banda** della rete che viene misurata in bit al secondo
 - **Kilobit** (Kb)
 - **Megabit** (Mb)
- **Concentratore (hub)**: dispositivo di connessione che semplifica il collegamento fisico tra i nodi e instrada i segnali
- **Dorsale**: cavo ad alta capacità di trasmissione dei dati

Componenti fondamentali di una rete



Comunicazione nelle reti

- L'uso fondamentale di una rete è quello di consentire la comunicazione tra i nodi
- I nodi si scambiano dei dati sotto forma di **messaggi** codificati in forma digitale
- Ogni messaggio è caratterizzato da un **mittente**, un **destinatario**, un insieme di informazioni che costituiscono il **corpo del messaggio**

Comunicazione nelle reti

- Affinchè questa comunicazione possa avvenire in modo corretto si deve definire un **protocollo di comunicazione**
- Esattamente come nella vita reale si stabiliscono delle convenzioni per il comportamento tra gli individui, nel caso della comunicazione tra gli elaboratori un **protocollo** definisce quell'**insieme di regole** che il nodo mittente e il nodo destinatario devono seguire per interagire tra loro

Comunicazione nelle reti

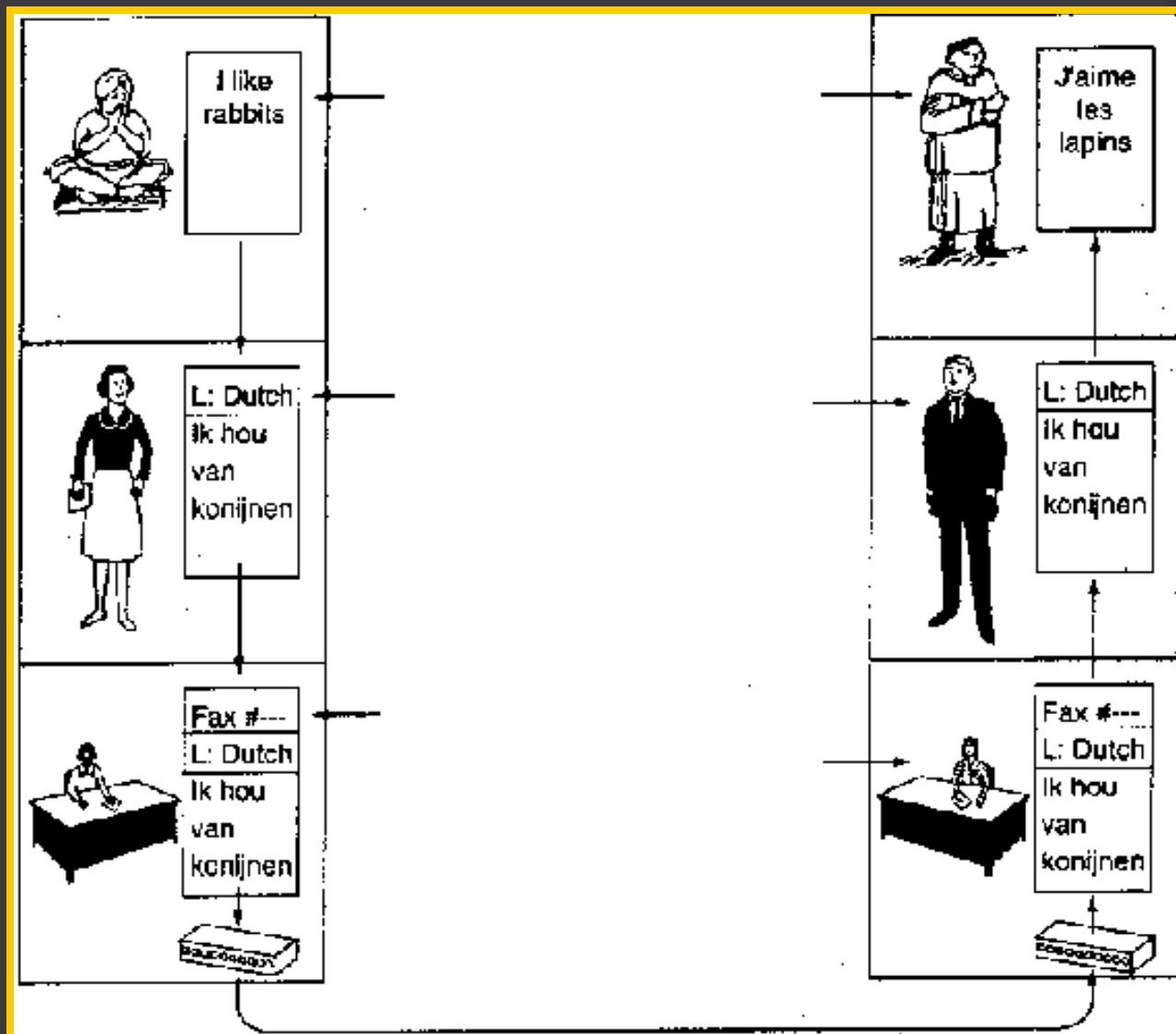
- In generale, un protocollo fornisce delle funzionalità per
 - indirizzamento (addressing)
 - instradamento (routing)
 - gestione di eventuali errori di trasmissione (error detection, error recovery, sequence control)
 - gestione della velocità di comunicazione (flow control)

Come si definisce un protocollo?

- Un protocollo “monolitico” che realizzi tutte le funzionalità necessarie per la comunicazione tra elaboratori in rete è difficile da realizzare
- Inoltre, se cambia qualche componente della rete, si deve modificare l'intero protocollo
- Per ridurre la complessità di progettazione la maggior parte dei protocolli è organizzata come una serie di **livelli**

Il numero dei livelli, il loro nome, le funzionalità differiscono da una rete ad un'altra

Comunicazione multilivello



Torniamo alle reti di calcolatori ...

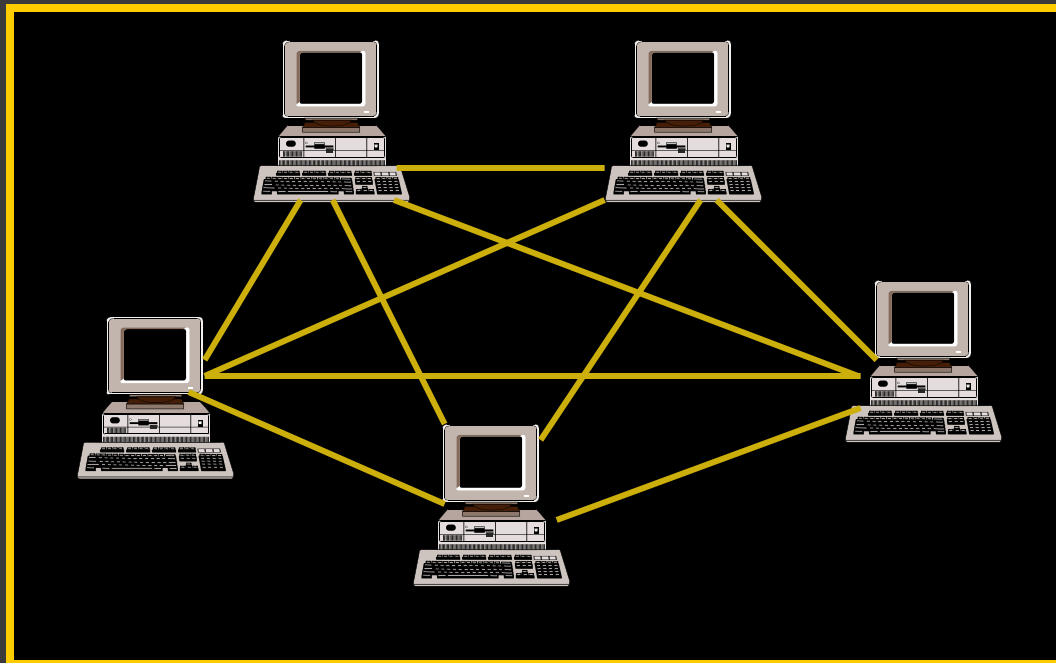
- Non esiste una classificazione univoca delle reti ma due aspetti hanno una particolare importanza
 - tecnologia di trasmissione
 - scala

Tecnologia di trasmissione

- I dispositivi che formano una rete possono essere collegati tra loro in vari modi che determinano l'**architettura** o **topologia** della rete
- La topologia della rete determina la modalità di trasmissione dei dati

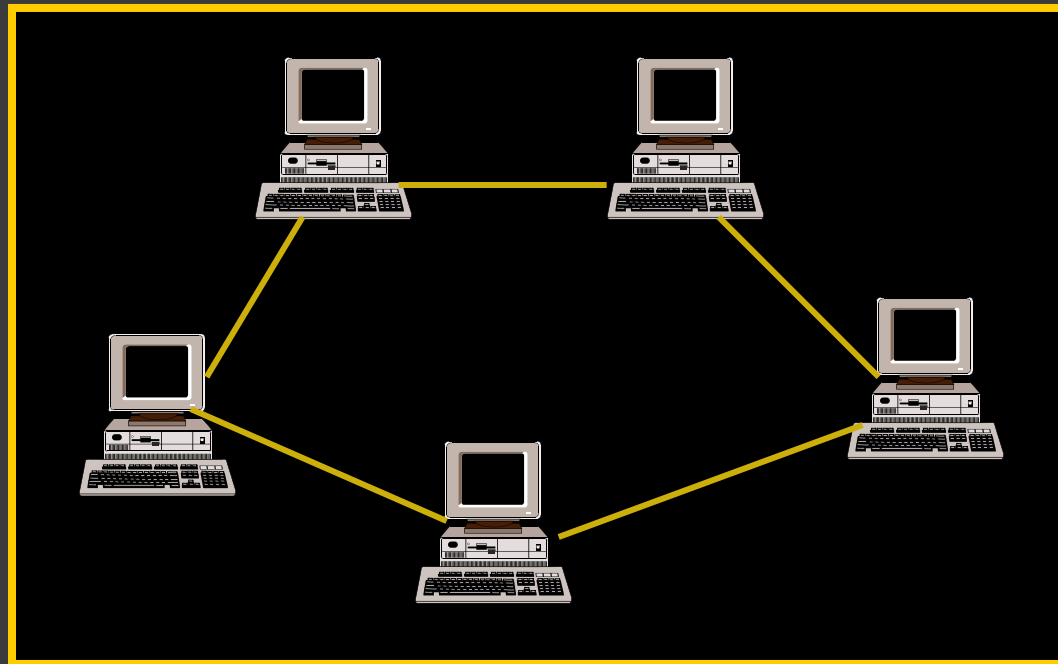
Tecnologia di trasmissione

- Reti punto a punto (**point-to-point**)
 - consistono di molte connessioni individuali tra coppie di elaboratori



Tecnologia di trasmissione

- Reti ad anello
 - i nodi sono organizzati secondo una configurazione ad anello e non sono tutti direttamente collegati

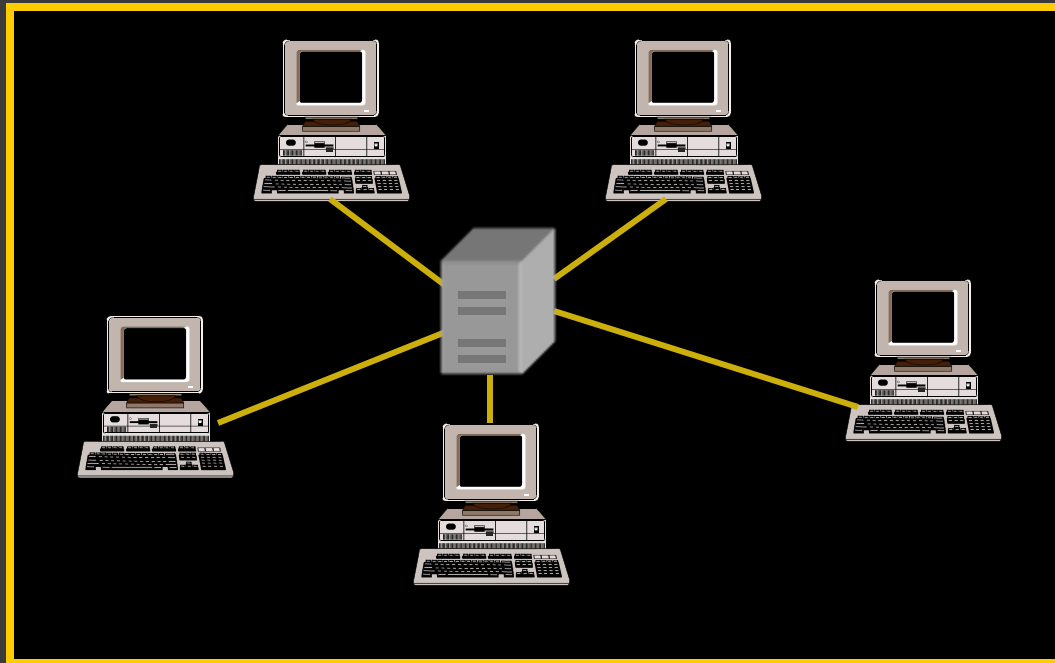


- il segnale emesso da un nodo passa al nodo successivo; se non è indirizzato a quel nodo, viene ritrasmesso al nodo seguente, finché non raggiunge il destinatario

Tecnologia di trasmissione

- Reti a stella

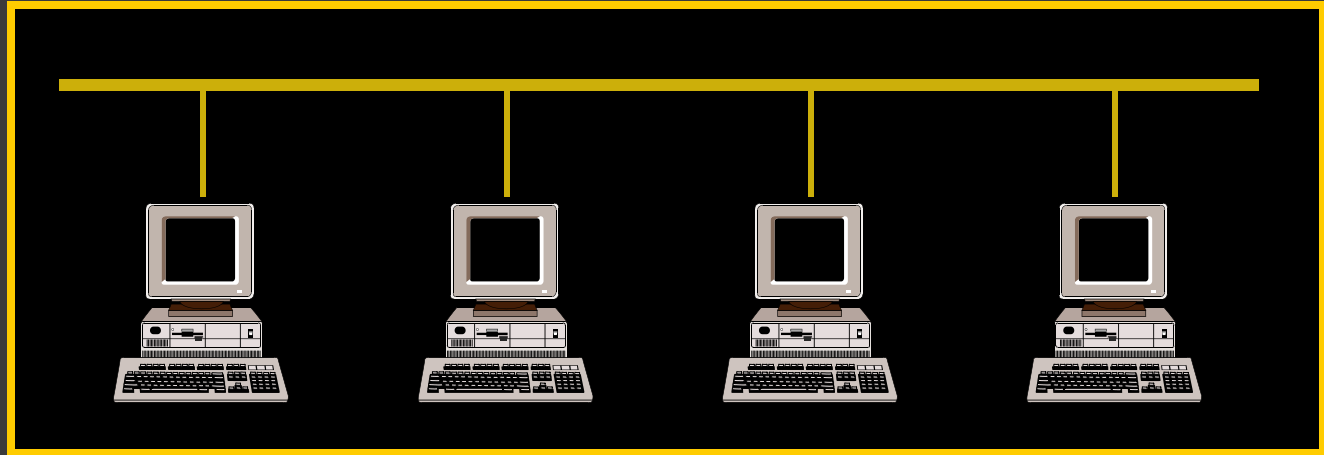
- i nodi sono tutti collegati a un nodo centrale detto host



- le comunicazioni tra due nodi non sono dirette ma passano attraverso il nodo host che provvede a smistarle verso il nodo destinazione

Tecnologia di trasmissione

- Reti lineari (**broadcast**)
 - hanno un unico canale di comunicazione (dorsale) condiviso da tutte le macchine della rete

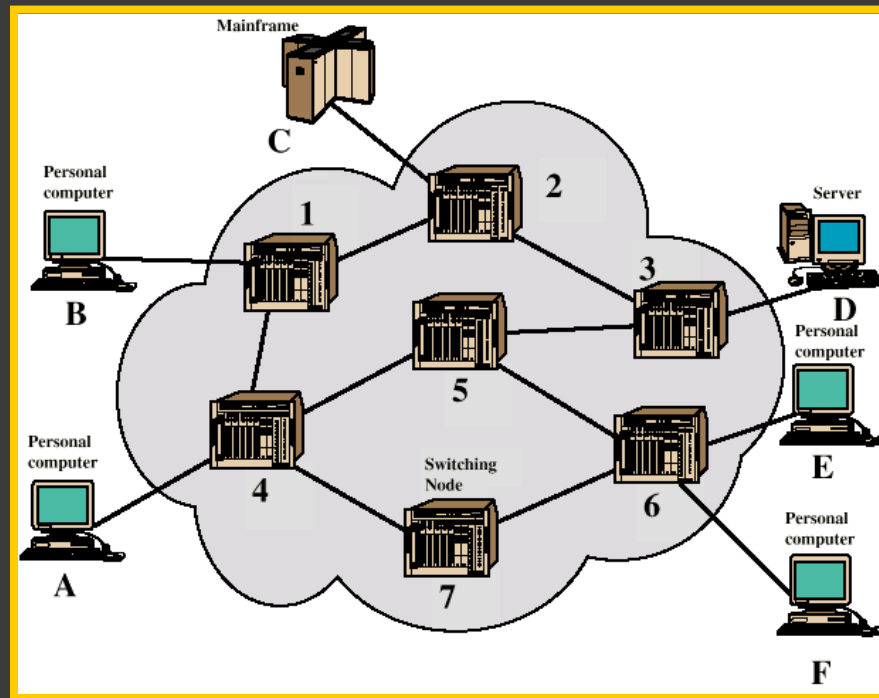


- i messaggi inviati da un elaboratore vengono ricevuti da tutti ma solo l'elaboratore destinatario elaborerà il messaggio, gli altri elaboratori lo ignoreranno

Tecnologia di trasmissione

- Reti commutate

- poiché è impossibile collegare fisicamente tutte le macchine, si utilizza una infrastruttura condivisa



- ... ne riparleremo ...

Scala

- Un criterio alternativo per classificare le reti è legato alla loro scala, che si determina in base alla dimensione dei processori e alla loro **distanza**

0.1 m	circuito	
1 m	sistema	multicomputer
10 m	stanza	Rete locale LAN
100 m	edificio	LAN
1 km	università	LAN
10 km	città	Rete metropolitana MAN
100 km	nazione	Rete geografica WAN
1000 km	continente	Internet
10000 km	pianeta	Internet

LAN – Local Area Network

- Reti private per la condivisione di risorse all'interno di un edificio o in edifici vicini
 - elaboratori
 - stampanti
 - dati
- Sono generalmente di dimensioni ridotte
- Si possono distinguere a seconda della **topologia** (punto-a-punto, ad anello, a stella, lineare)

LAN – Scheda di rete

- Per collegare un computer ad una rete locale si usa una **scheda di rete** che permette di
 - instaurare la connessione fisica
 - convertire i dati da trasmettere nel formato opportuno

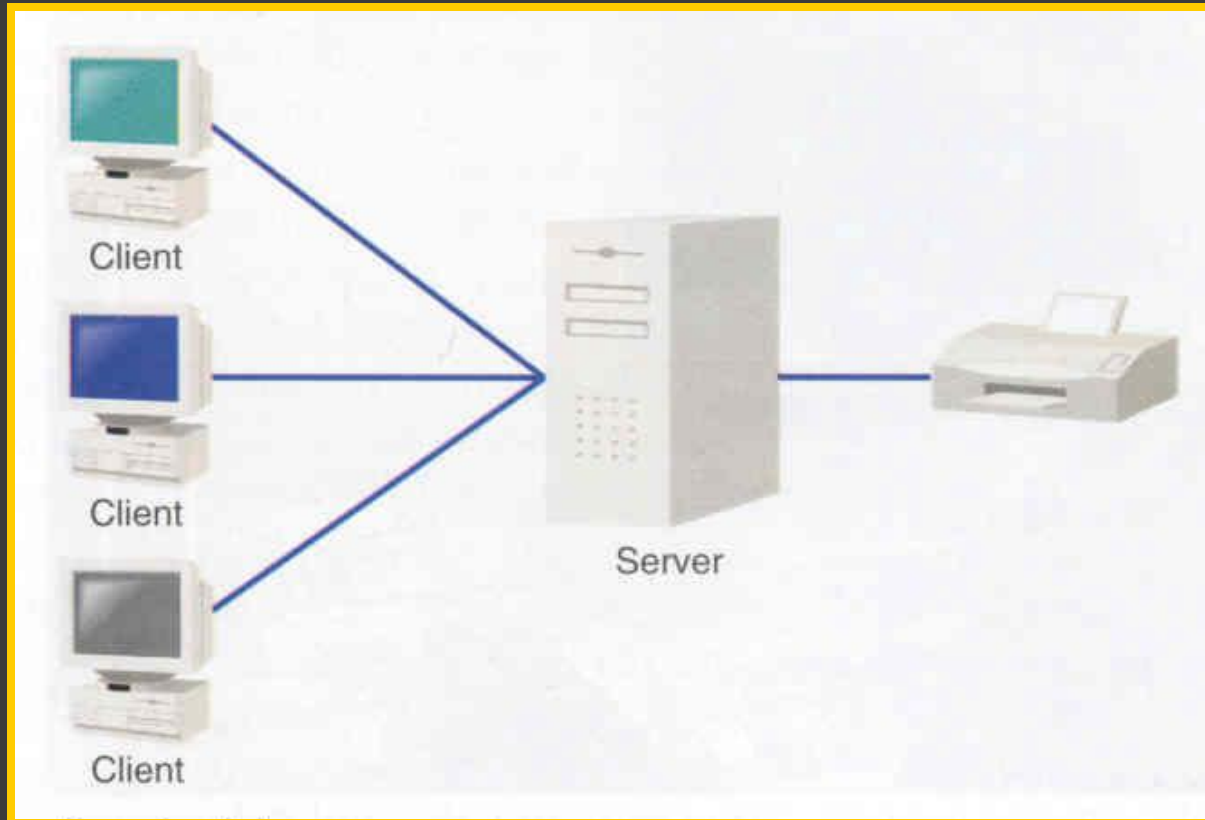
LAN – Scheda di rete

- Ogni scheda di rete ha un indirizzo univoco detto anche
 - indirizzo fisico o indirizzo di LAN o indirizzo MAC (media access control)
- Nella maggior parte delle LAN questo indirizzo è formato da 6 byte (48 bit)
- Ci sono quindi 2 indirizzi fisici possibili
 - Sono indirizzi **permanenti**, scritti nella memoria ROM della scheda di rete
 - Possono essere considerati come il codice fiscale associato ad una persona, in contrasto con il suo indirizzo di casa (che si avvicina all'indirizzo IP ...)

LAN – Client / Server

- Gli elaboratori in una LAN possono avere ruoli diversi
- **Server:** elaboratore che può essere condiviso dagli altri computer collegati in rete
 - server gestore dei dati (**file server**)
 - server di stampa (**printer server**)
 - **server di comunicazione:** permette l'accesso ad altre reti locali o ad Internet
- **Client:** elaboratore che usa delle risorse condivise, messe a disposizione dal server

LAN – Client / Server



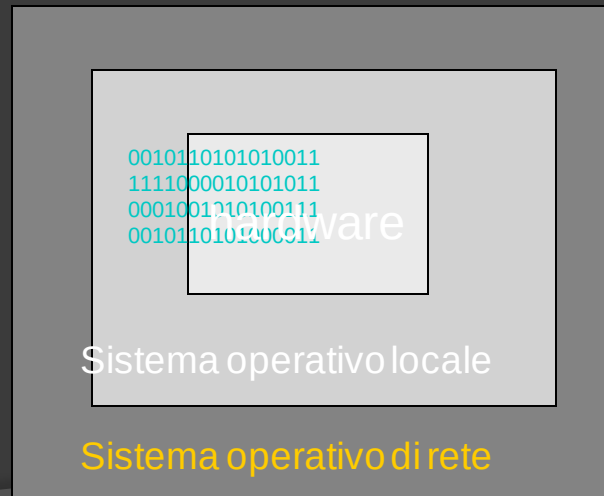
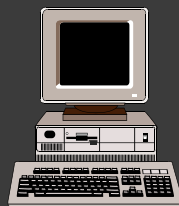
LAN – Client / Server

I concetti di client e server sono legati al software per la gestione e per l'uso dei servizi anche se si parla di elaboratore server (o client) riferendosi a quello su cui “girano” i programmi software per la gestione e l'uso dei servizi stessi

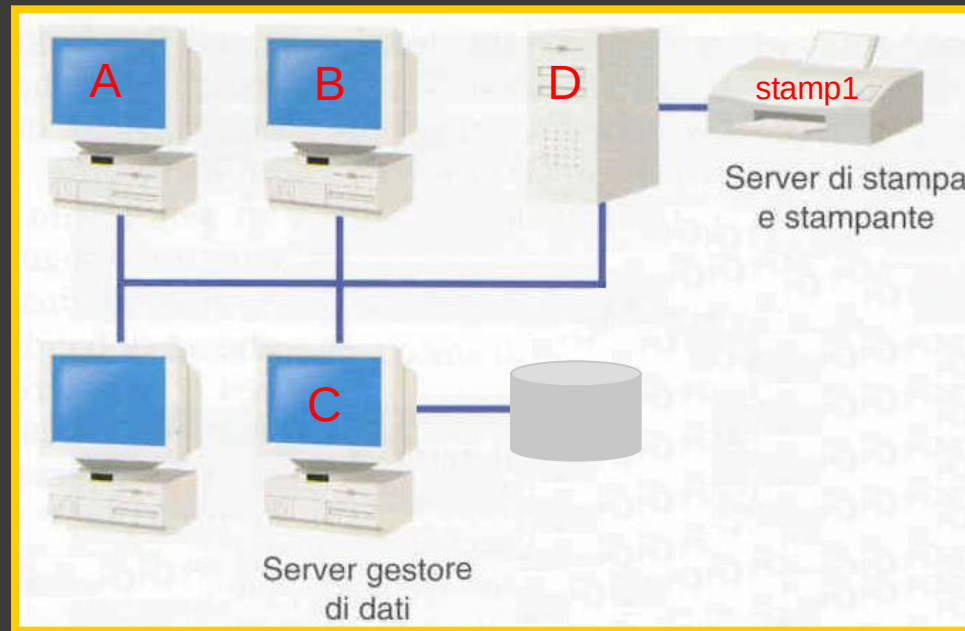


LAN – Sistema operativo di rete (o distribuito)

- In una LAN si vogliono condividere delle risorse
- Il sistema operativo (locale) non è in grado di gestire le risorse che non appartengono all'elaboratore e si introduce un nuovo livello nella “struttura a cipolla”: il **sistema operativo di rete**

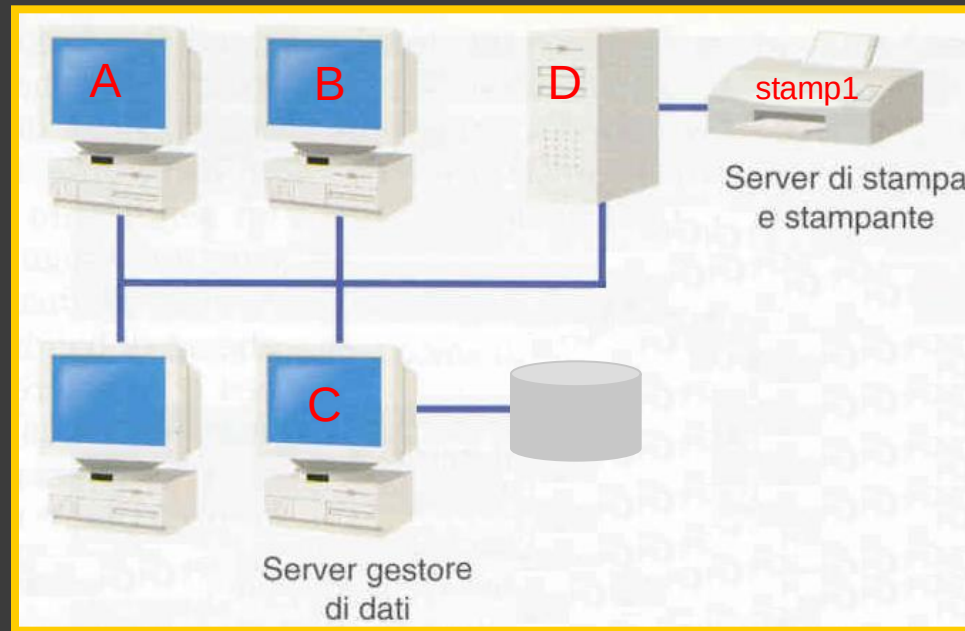


LAN – Sistema operativo di rete



- È necessario associare un nome logico agli elaboratori e alle risorse che sia indipendente dalla loro localizzazione fisica nella rete
 - In laboratorio SW1, ad ogni calcolatore è associato un nome logico (univoco)

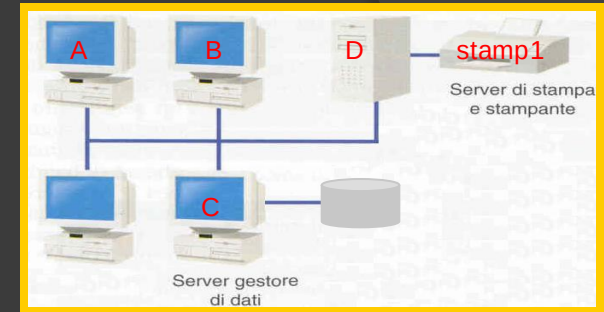
LAN – Sistema operativo di rete



- Per fare riferimento alla stampante si userà sempre il suo nome logico (stamp1) e sarà il sistema operativo di rete a localizzarla
 - Esempio: supponiamo che l'utente sulla macchina C voglia stampare un file di nome file1.c

LAN – Sistema operativo di rete

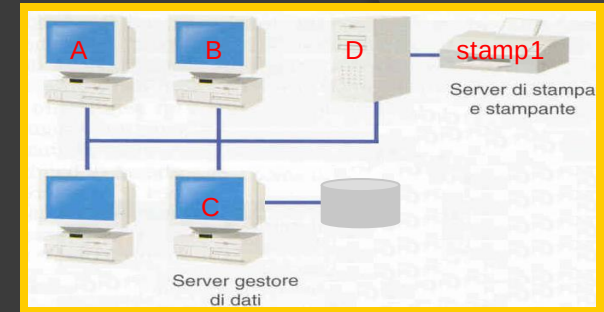
```
>lpr -Pstamp1 file1.c
```



- Il sistema operativo locale di C analizza il comando e si accorge che la stampante stamp1 non è locale alla macchina
- Quindi la richiesta viene passata al sistema operativo di rete di C che si occupa di individuare il server della stampante, sfruttando la funzione di naming
- Viene rilevato che D è il server della stampante

LAN – Sistema operativo di rete

```
>lpr -Pstamp1 file1.c
```



- Il software di rete di C invia un messaggio al software di rete di D chiedendo la stampa del file file1.c sulla stampante stamp1
- Il sistema di rete di D riceve la richiesta e la passa al sistema operativo locale per la sua gestione, senza che gli utenti che stanno lavorando su C e su D se ne accorgano

Naming – Localizzazione dei nomi

- Ogni nodo nella rete ha un nome logico
- Ogni nodo ha anche un indirizzo fisico
- Il nome logico viene usato dagli utenti, l'indirizzo fisico viene usato dal software di rete
- Esiste una corrispondenza univoca tra i nomi logici e gli indirizzi fisici, la funzione di naming si occupa di trovare questa corrispondenza

LAN – Ethernet

- **Ethernet** è il tipo di rete locale più diffuso
- Sviluppata dalla Xerox negli anni '70 (1976)
- Qualsiasi computer di qualsiasi tipo prevede la possibilità di usare una **scheda Ethernet** per connettersi alla rete locale
- Usa prevalentemente la topologia a stella o quella lineare
- Velocità di trasmissione: 10, 100, 1000 Mb/sec.

LAN – Modalità di accesso CSMA/CD

- Quando un computer vuole comunicare, verifica che il canale sia libero e invia il messaggio in broadcast
- Se invece si accorge che un altro computer sta trasmettendo, aspetta
- Se si verifica un conflitto (due o più computer hanno inviato i loro messaggi contemporaneamente) i computer coinvolti si fermano, aspettano per un tempo T casuale, e poi riprovano la trasmissione

Scala

0.1 m	circuito	
1 m	sistema	multicomputer
10 m	stanza	Rete locale LAN
100 m	edificio	LAN
1 km	università	LAN
10 km	città	Rete metropolitana MAN
100 km	nazione	Rete geografica WAN
1000 km	continente	Internet
10000 km	pianeta	Internet

MAN – Metropolitan Area Network

- Una rete metropolitana è sostanzialmente una versione ingrandita di una LAN
- Può coprire un gruppo di uffici, aziende diverse, una città
- Può essere pubblica o privata

WAN – Wide Area Network

- Una rete WAN copre una grande area geografica
 - ad esempio, la rete GARR collega tutte le Università italiane
- Nella maggior parte delle reti WAN la sottorete di comunicazione è formata da
 - linee di trasmissione (che spostano i dati fra i vari nodi)
 - elementi di commutazione (**router**), calcolatori specializzati usati per collegare due o più linee di trasmissione

Reti senza filo (wireless)

- Permettono di realizzare l'ufficio portatile
- Sono utili per esempio
 - per gruppi di autocarri, taxi, autobus
 - soccorsi in caso di eventi disastrosi
- Servono per i telefoni cellulari

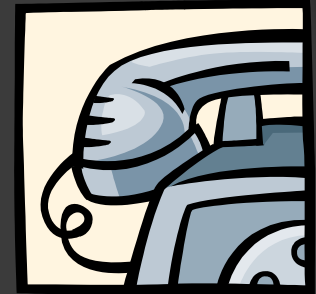
Osservazione: le tecnologie attuali permettono anche di creare LAN senza filo (ad es. Bluetooth)

Trasmissione digitale o analogica

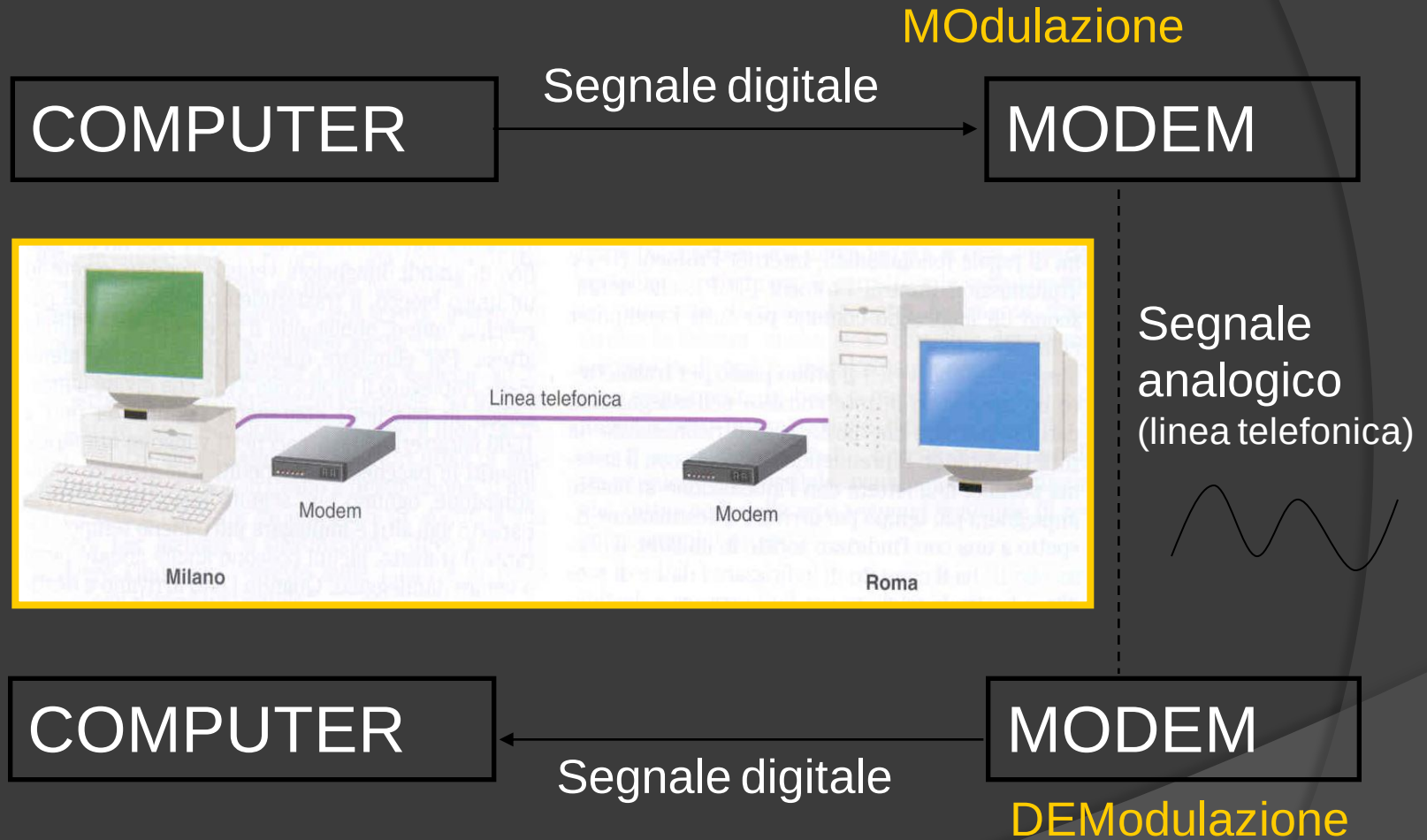
- Nelle reti locali, la comunicazione tra due computer passa di solito su **cavi dedicati**, installati esplicitamente per la rete, e adatti per la trasmissione digitale delle informazioni
- Semplificando un po' su questi cavi si ha una variazione del livello di tensione fra due valori, che corrisponde alla trasmissione di bit di valore 0 oppure 1

Trasmissione digitale o analogica

- Per le comunicazioni su lunga distanza, si cerca di sfruttare le **reti di comunicazione esistenti**, come ad esempio la **rete telefonica**
- La rete telefonica è adatta a comunicare la voce, cioè un **segnale analogico** che varia in maniera continua in una banda di frequenze
- Sono necessari dei **dispositivi** per poter usare la rete telefonica come mezzo di comunicazione tra computer



Il modem/router



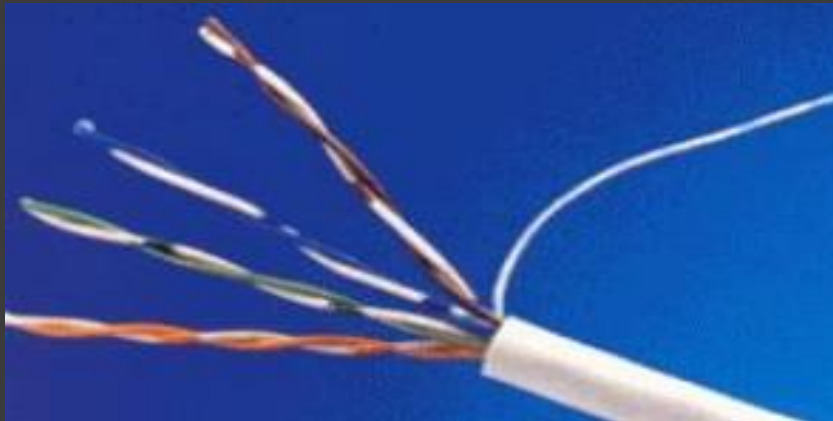
Mezzi trasmissivi

-
- **Il doppino.**
 - **La fibra ottica.**

IL DOPPIO

Il doppino telefonico

- **IL DOPPINO INTRECCIATO, o ritorto, o binato (*Twisted pair*).**
E' un tipo di cavo molto utilizzato sia nella telefonia sia nella maggior parte delle reti Ethernet attuali. In genere un cavetto telefonico comprende 4 dopпини.
- E' formato da una **coppia di fili** conduttori (uno trasporta il segnale e l'altro funge da riferimento di terra), in genere di rame e spessi < 1 mm, intrecciati in modo da limitare il fenomeno della **diafonia**.

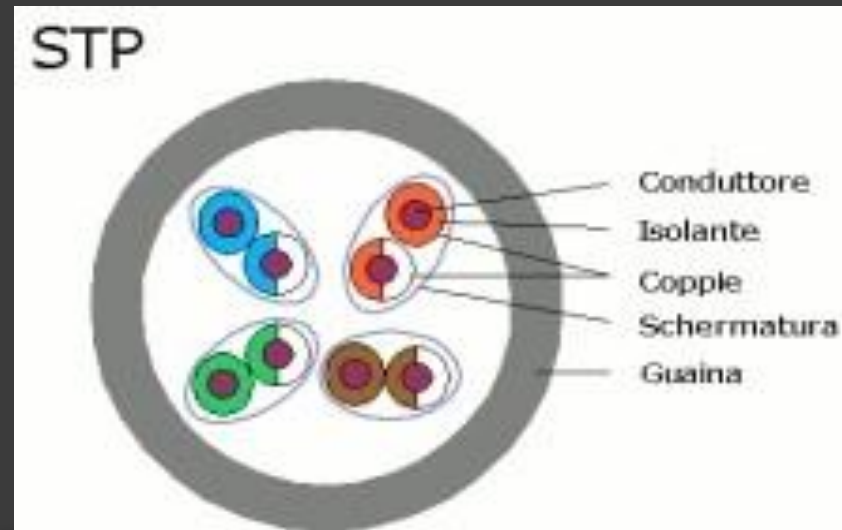


Il doppino e le reti locali

- Nell'ambito delle **LAN** (*Local Area Network*) si è assistito negli ultimi anni alla diffusione sempre più vasta di **reti Ethernet** (10 Mbit/s) o **Fast Ethernet** (100 Mbit/s) basate su cablaggio in doppino UTP e protocolli di trasmissione **TCP/IP**.
- Esistono due tipi di cavo per LAN basati su doppino intrecciato: il **cavo a doppino schermato** (**STP**, *Shielded Twisted Pair*) e il **cavo a doppino non schermato** (**UTP**, *Unshielded Twisted Pair*).

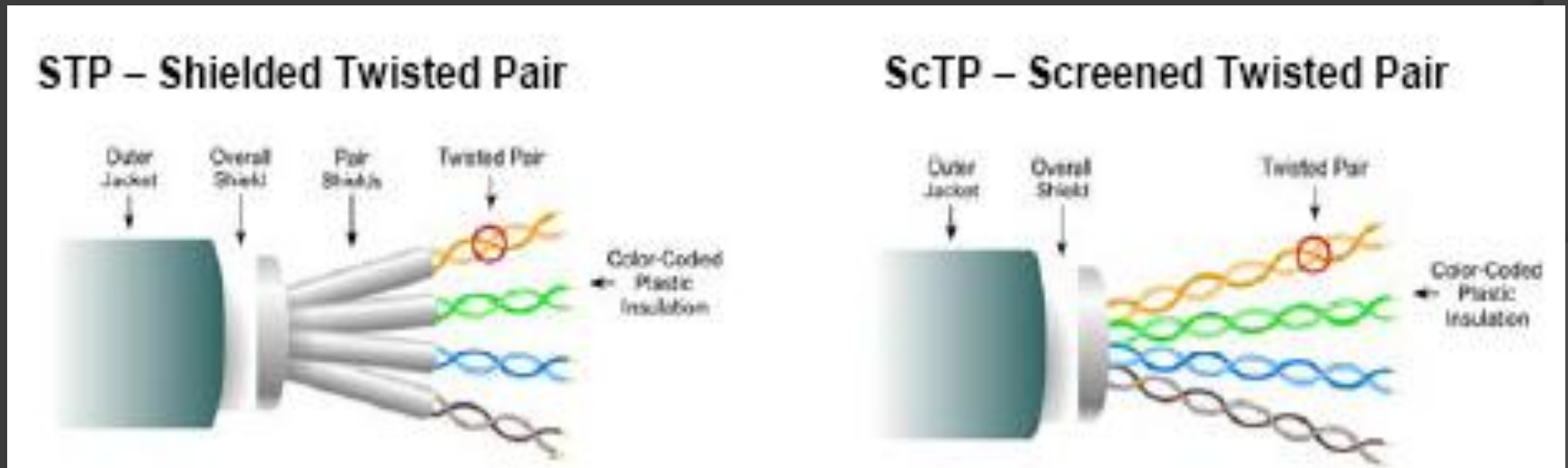
Il doppino schermato (STP)

- In genere contiene **4 coppie** (4 doppini) di sottili fili di rame, ciascuna delle quali è avvolta da una schermatura (**calza**) metallica; le 4 coppie insieme sono poi avvolte in un ulteriore strato di calza metallica, a sua volta inguainato con un isolamento plastico.



Il doppino schermato (STP)

- Se manca la schermatura delle singole coppie ed è solo presente la calza metallica intorno al gruppo delle 4 coppie, si ottiene il **doppino screened**, (*Screened UTP, ScUTP*) o **FTP** (*Foil Twisted Pair*).



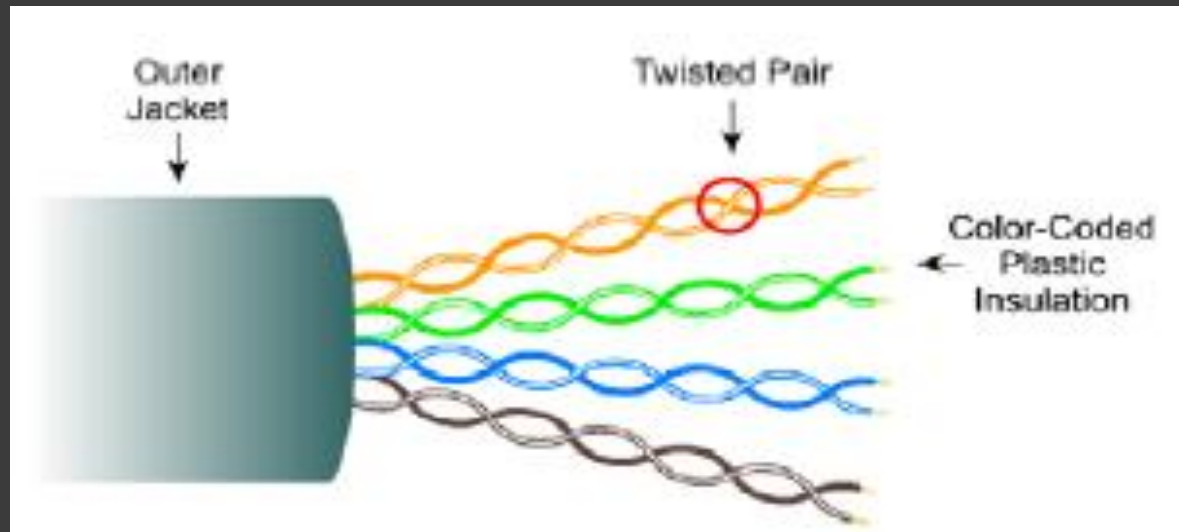
Il doppino schermato (STP)

- ◎ **Vantaggio della schermatura:**
riduzione dei disturbi elettromagnetici.

- ◎ **Svantaggi della schermatura:**
 1. Aumento di dimensione, peso, e costo del cavo;
 2. Difficoltà di installazione (la calza metallica deve essere messa a terra).

Il doppino non schermato (UTP)

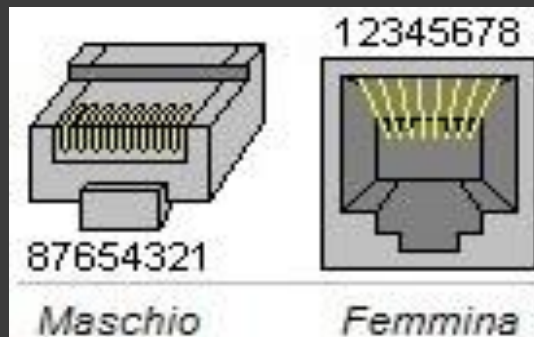
- Mentre inizialmente è stato largamente usato il cavo coassiale, nelle reti locali più recenti il mezzo elettrico più diffuso è il **doppino ritorto non schermato (UTP)**,
- Esso comprende tipicamente **due o quattro coppie** di fili di rame intrecciati, incamiciate in una guaina di teflon.



Il doppino non schermato (UTP)

● Vantaggi dell'UTP:

- 1) Diametro ridotto;
- 2) Maggior facilità di installazione (assenza di messa a terra);
- 3) Basso costo;
- 4) Si può utilizzare il **connettore RJ-45**, facile da realizzare;



- ## ● Svantaggio dell'UTP: è più suscettibile ai rumori elettrici e alle interferenze.

Classificazione dei doppini per LAN

Nello scegliere il tipo di doppino per Reti Locali, il criterio per valutarne l'idoneità dipende dai **parametri elettrici** che il mezzo presenta nelle varie condizioni di utilizzo. A tal scopo sono state individuate le “**categorie**” (CAT).

CAT 1	<i>(Telecommunication)</i> . Comprende cavi adatti unicamente alla telefonia analogica e non alla Trasmissione Dati.
CAT 2	<i>(Low Speed Data)</i> . Cavi idonei alla telefonia analogica e digitale (su ISDN) e TD a bassa velocità (≤ 4 Mbit/s).
CAT 3	<i>(High Speed Data)</i> . Utilizzato nelle reti Ethernet 10BaseT (rete a 10 Mbit/s in banda base, con uso del UTP) e Token Ring a 4 Mbit/s, quindi adatto a velocità ≤ 10 Mbit/s.
CAT 4	<i>(Low Loss, High Performance Data)</i> . Utilizzato nelle reti Token Ring fino a 16 Mbit/s.
CAT 5	<i>(Low Loss, Extended Frequency, High Performance Data)</i> . Per reti Fast Ethernet (100 Mbit/s) su distanze fino a 100 m.
CAT 5E	<i>(Enhanced, potenziata)</i> . Per velocità fino a 1000 Mbit/s, usata nelle reti Gigabit Ethernet (GigE).
CAT 6	La specifica CAT6 è stata rilasciata a Febbraio 2003. L'uso è per reti Gigabit Ethernet.

Grandezze che compromettono la
corretta trasmissione dei dati

Configurazione del Link

Punto utenza

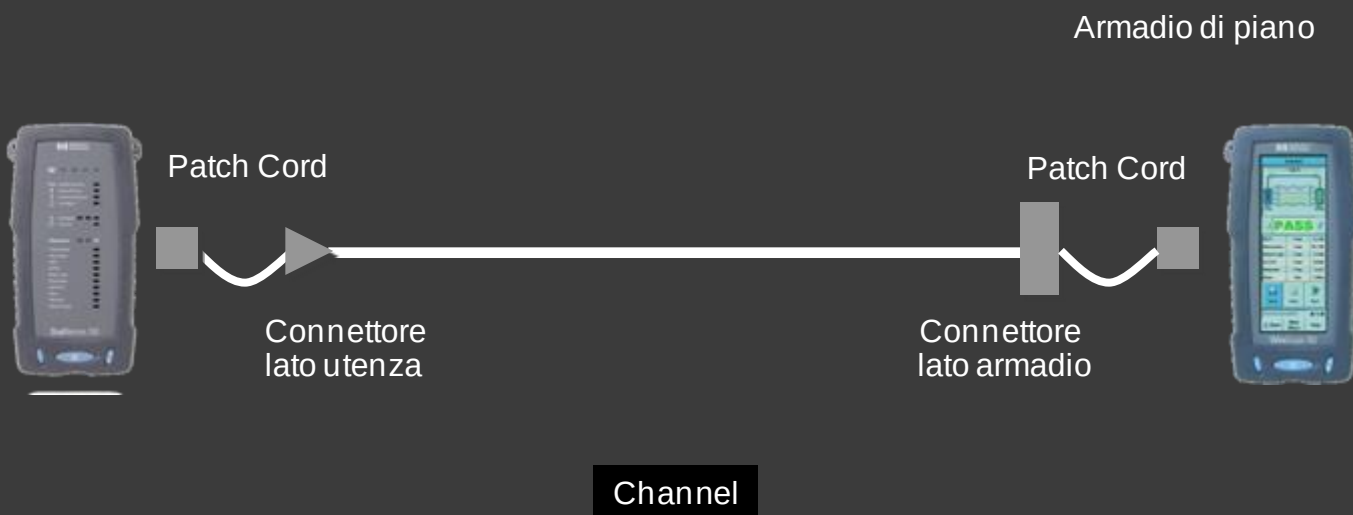
Armadio di piano



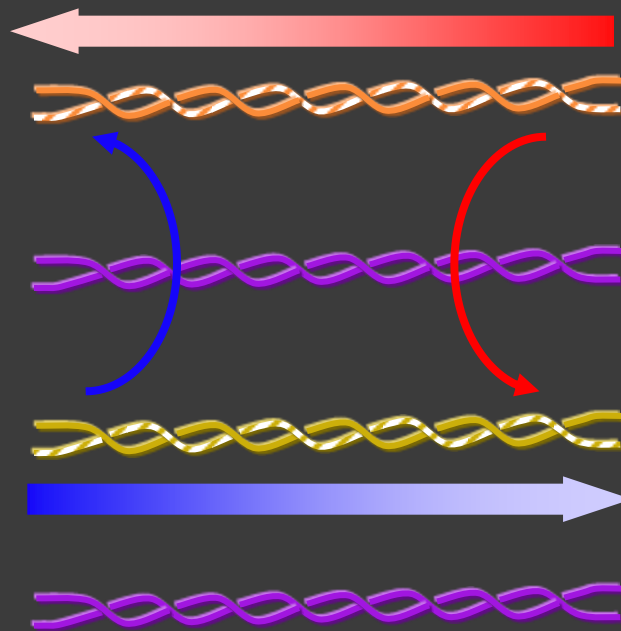
PermanentLink

Verifica del cablaggio permanente
Dovrebbe essere testato in fase di installazione o ristrutturazione dell'impianto

Configurazione del Chanel

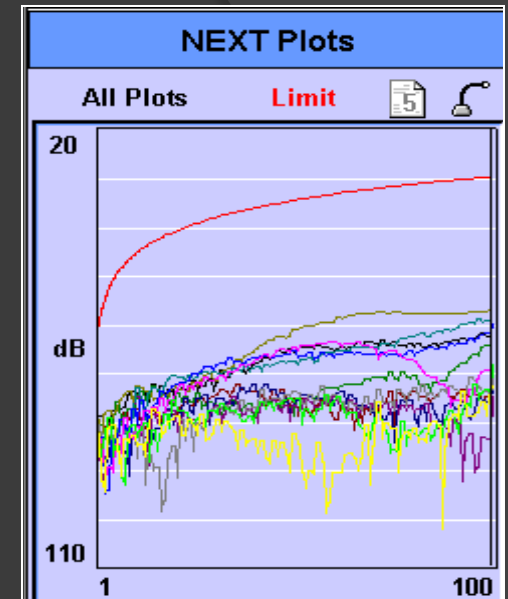


Attenuazione e NEXT (o paradiafonia)



NEXT: disturbo tra le coppie
(misurato all'inizio del cavo)

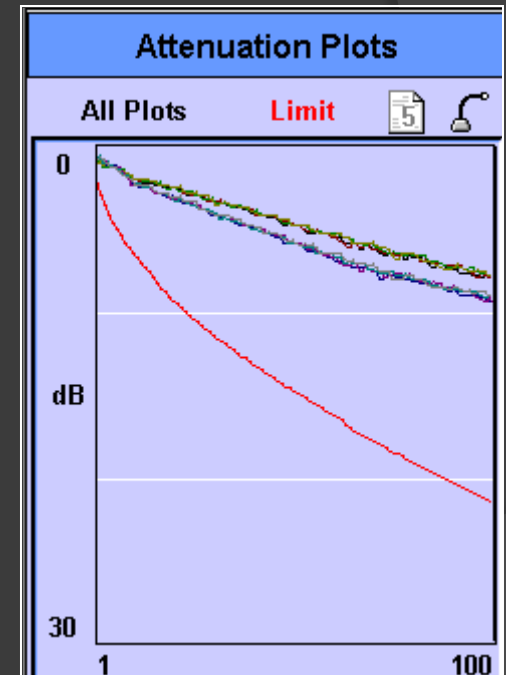
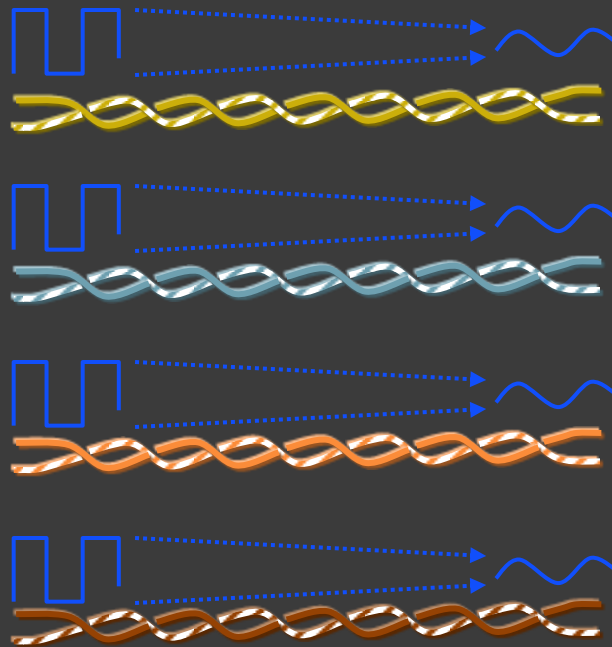
Attenuazione: perdita di
potenza del segnale



Attenuazione

- Indice della perdita di potenza durante la trasmissione

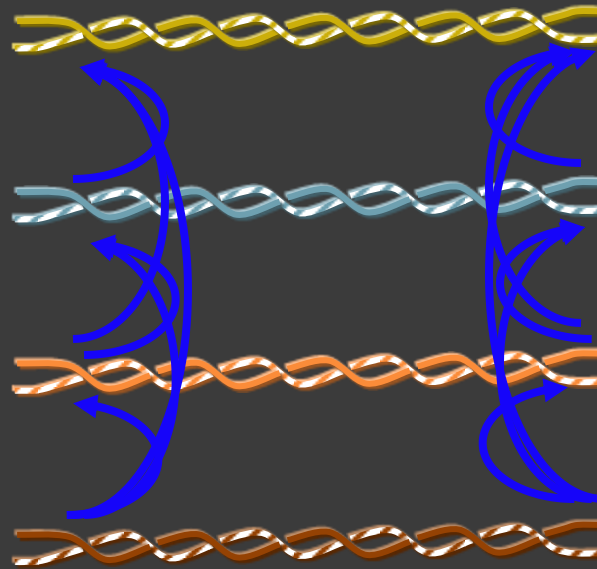
Si misura in dB e DEVE AVERE IL VALORE PIU' BASSO POSSIBILE



Immunità al NEXT

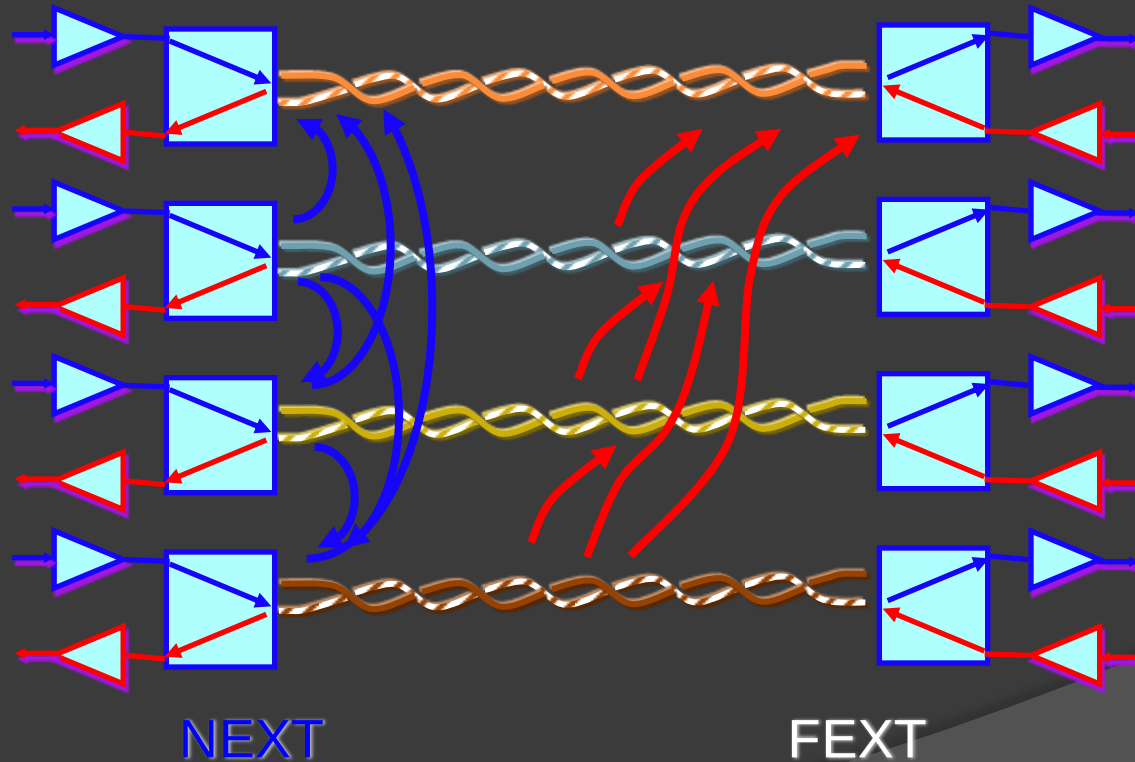
- Indice dell'immunità al disturbo tra coppie all'inizio del cavo (dove inizia la trasmissione)

Si misura in dB e DEVE AVERE IL VALORE PIU' ALTO POSSIBILE



FEXT - ELFEXT

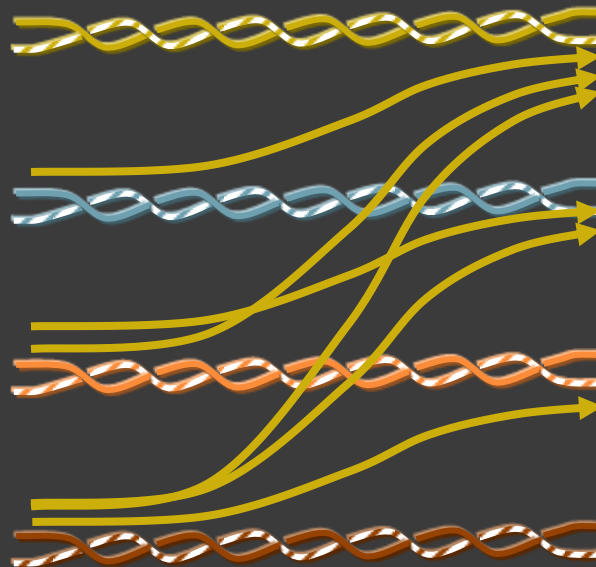
- FEXT è l'indice del disturbo tra le coppie misurato alla fine del cavo (dove termina la trasmissione)
- Dipende dalla lunghezza del collegamento



FEXT - ELFEXT

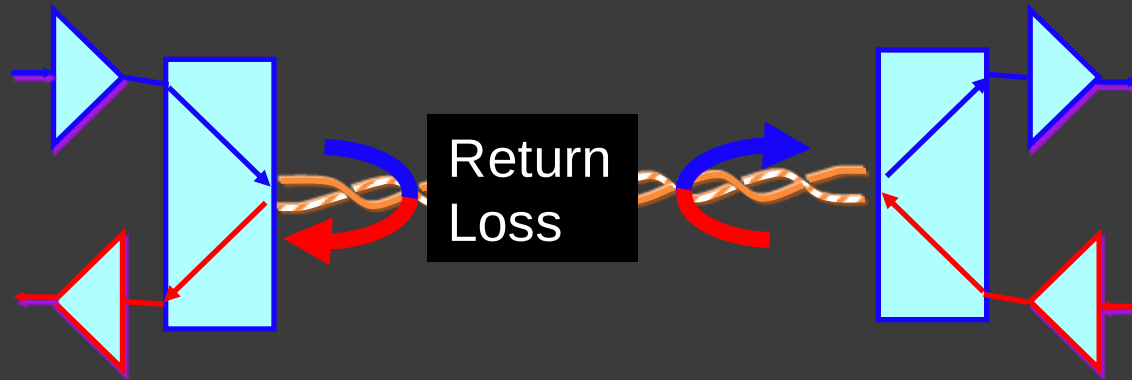
- ELFEXT è il valore di FEXT normalizzato: viene eliminata la dipendenza del FEXT dalla lunghezza del collegamento

Si misura in dB e DEVE AVERE IL VALORE PIU' ALTO POSSIBILE



Return loss

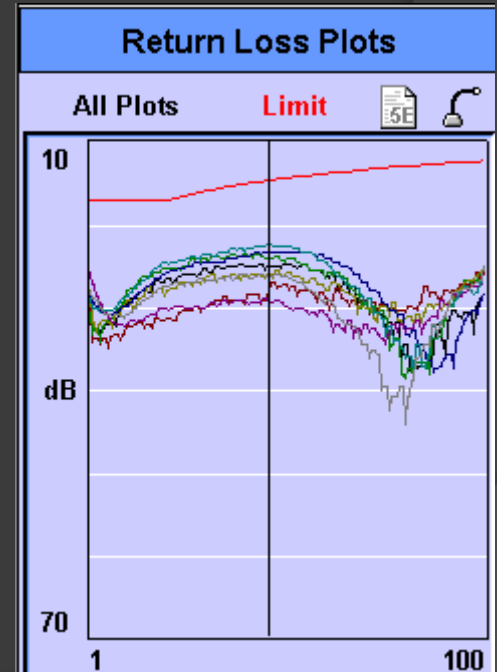
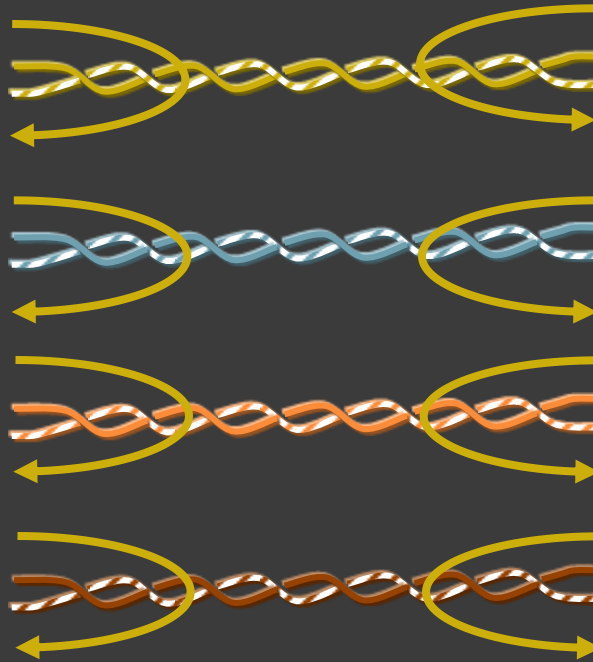
- Indica la quantità di segnale riflessa verso la sorgente a causa di un disadattamento dell'impedenza del cavo
- Ha un effetto analogo all'attenuazione



Return loss

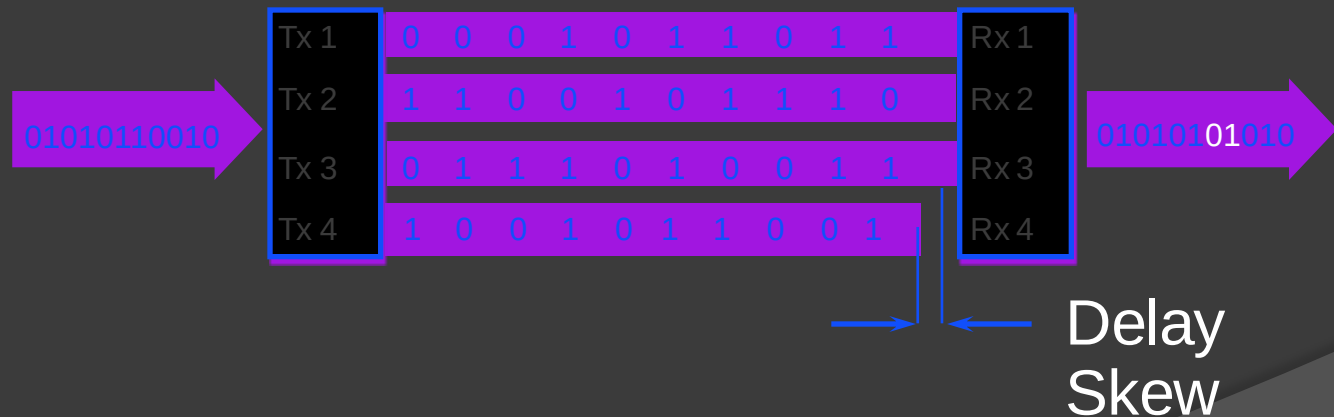
- E' il rapporto tra potenza trasmessa e potenza riflessa

Si misura in dB e DEVE AVERE IL VALORE PIU' ALTO POSSIBILE



Delay skew

- Le coppie hanno lunghezze diverse a causa dell'intreccio
- Impulsi partiti nello stesso istante arriveranno in momenti diversi
- La differenza temporale tra il primo arrivato e l'ultimo è detta DELAY SKEW



DEVE AVERE UN VALORE INFERIORE A 50 ns

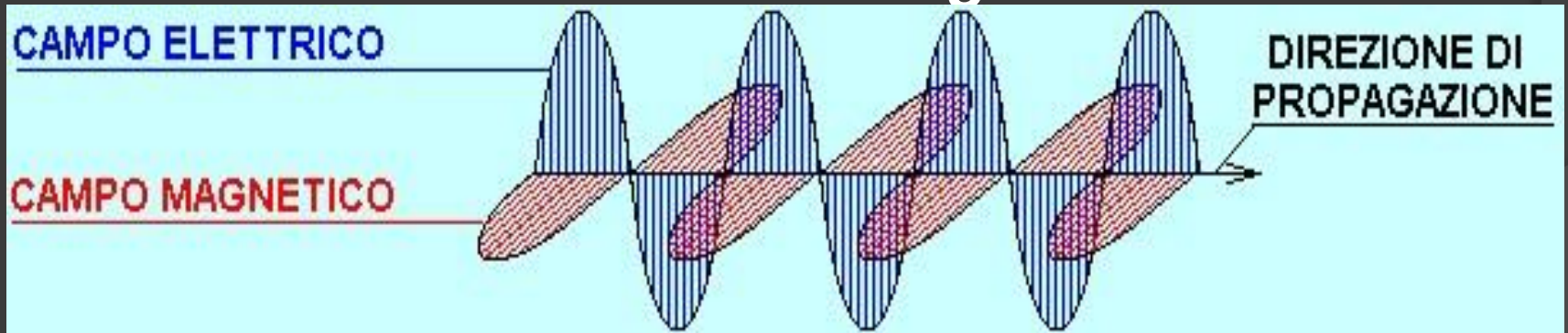
Categorie 5e e 6 a confronto

Parametro EN50173	Categoria 5e (Prestazioni a 100 MHz)	Categoria 6 (Tra parentesi le prestazioni a 250 MHz)
Gamma di frequenza	1-125 MHz	1-250 MHz
Attenuazione	24 dB	21.7 dB (36 dB)
NEXT	30.1 dB	39.9 dB (33.1 dB)
ELFEXT	17.4 dB	23.2 dB (15.3 dB)
Return loss	10 dB	12 dB (8 dB)
Delay skew	50 nsec	50 nsec

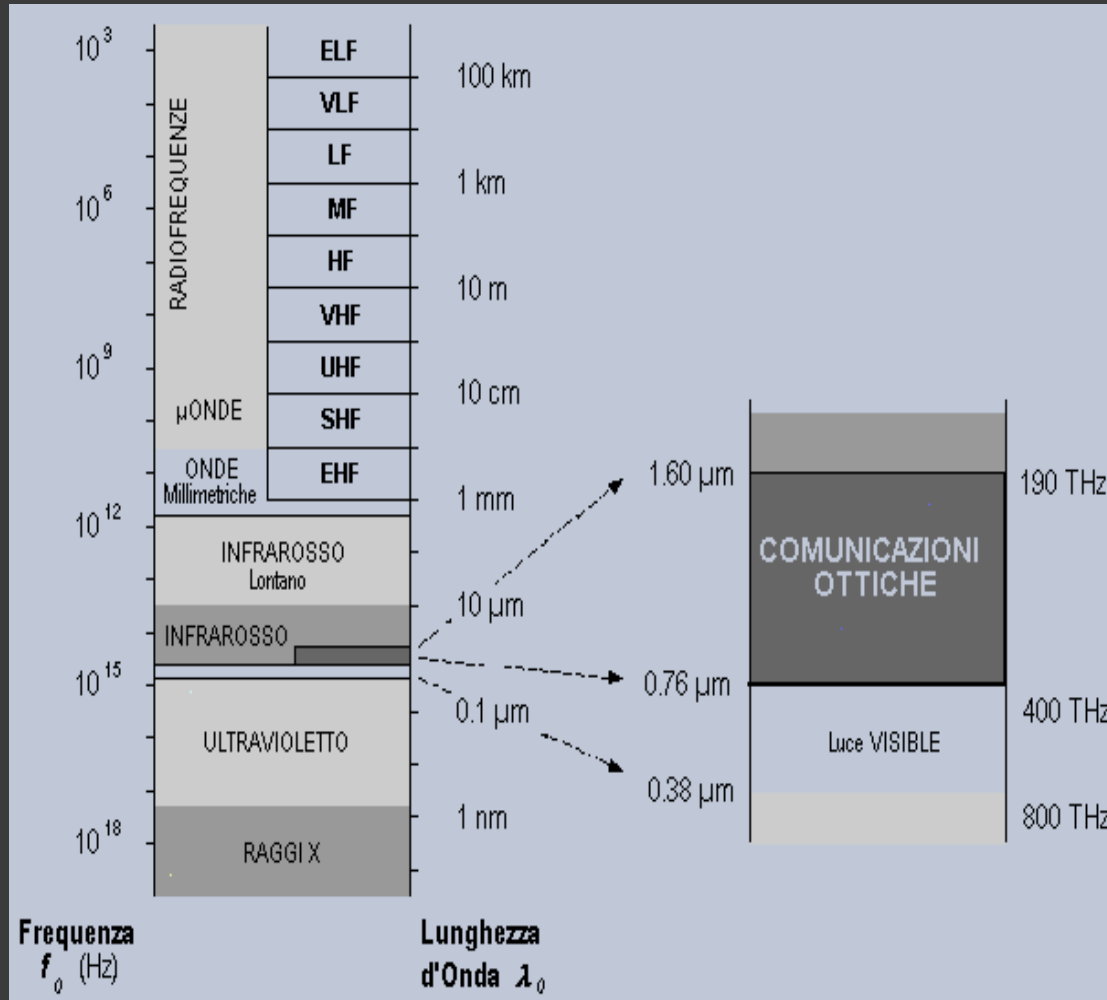
LA FIBRA OTTICA

La propagazione ottica

- La propagazione simultanea nello **spazio libero** di un **campo elettrico** e un **campo magnetico**, oscillanti in piani perpendicolari fra loro, è un fenomeno denominato ***onda elettromagnetica***.

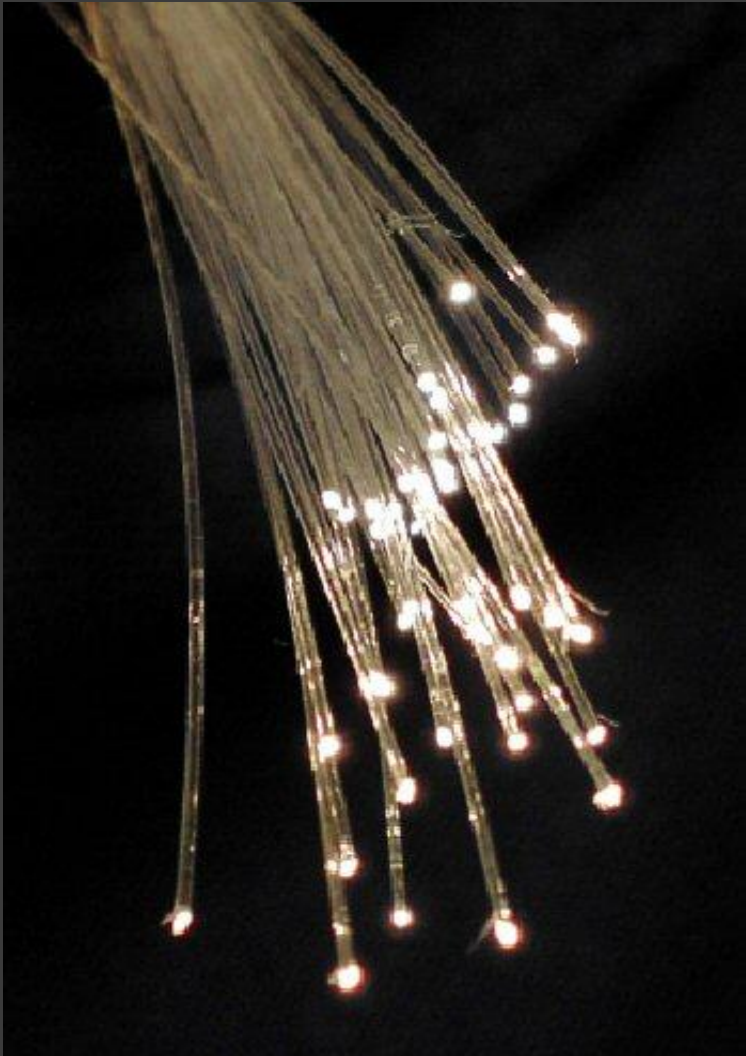


La propagazione ottica



- Tale **onda elettromagnetica** interagisce col mondo circostante in modi diversi a seconda del suo **spettro**, cioè della gamma di frequenze di cui è composta;
- In particolare, le frequenze **tra 400 e 800 THz** sono rilevate dall'occhio umano e costituiscono la **luce visibile**.

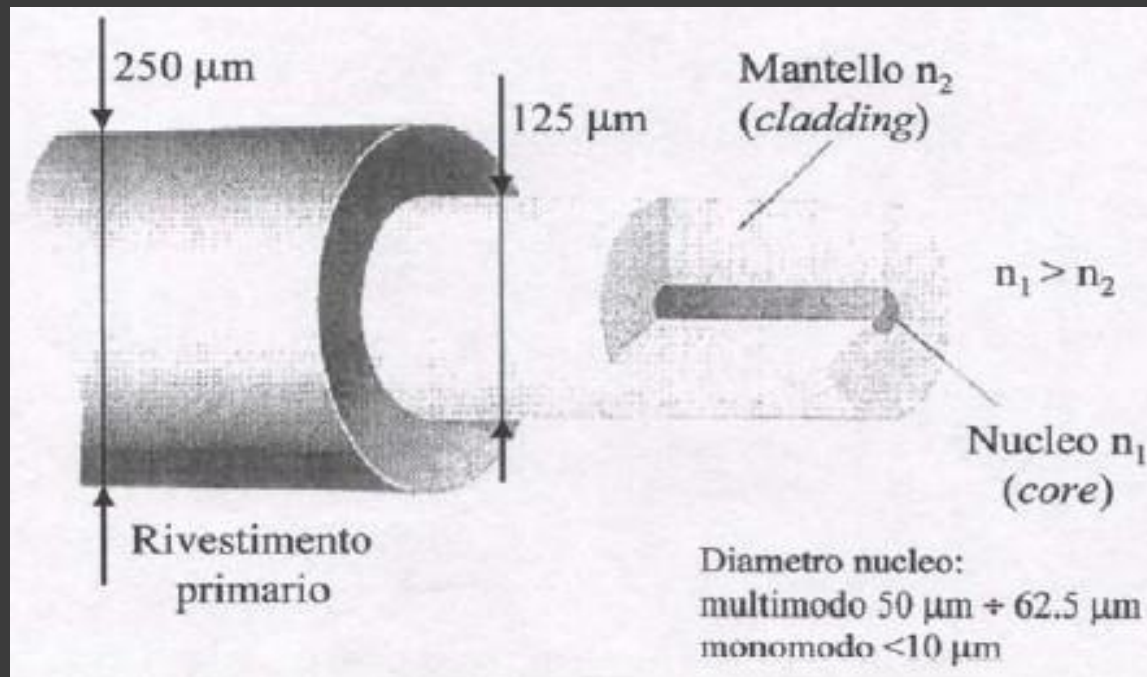
La propagazione ottica



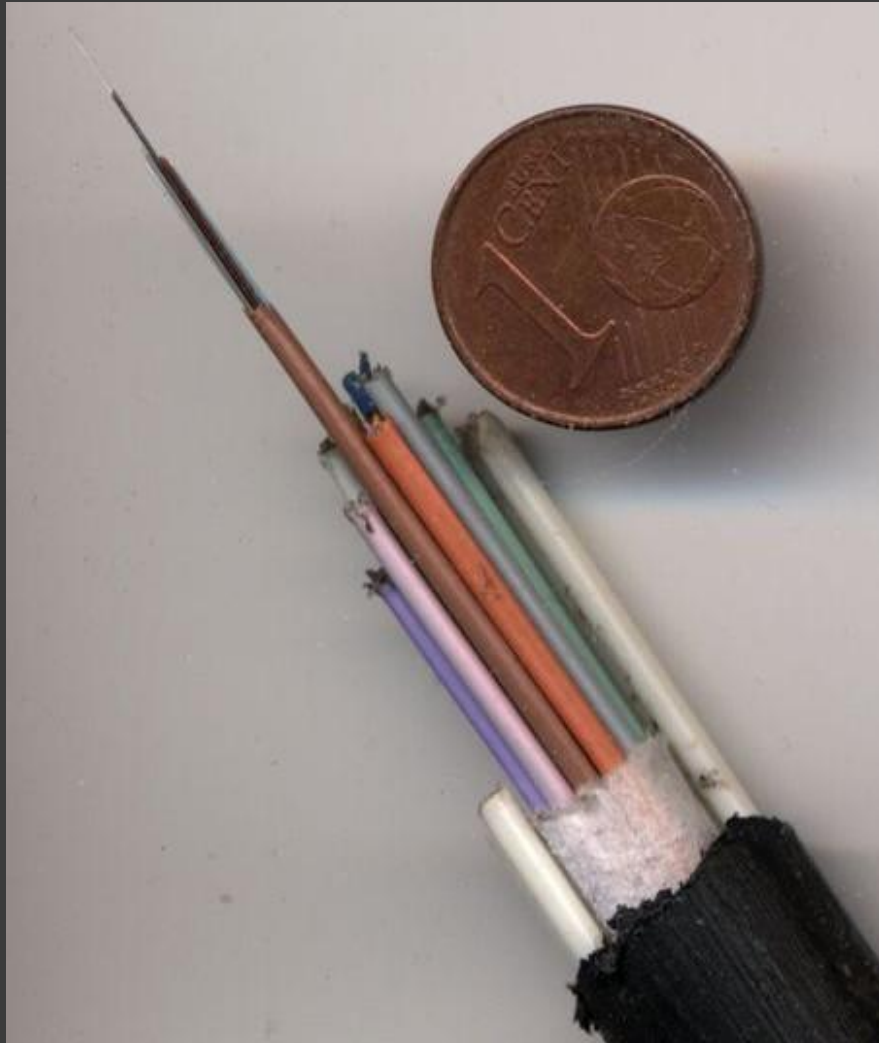
- ⦿ Mentre altri tipi di radiazione possono propagarsi nello **spazio libero** senza subire eccessive distorsioni, la **radiazione ottica** viene assorbita dagli ostacoli e dall'atmosfera, quindi non può essere utilizzata per la propagazione libera.
- ⦿ Tuttavia la **luce** può essere imprigionata in **sottili cavi di vetro**, denominati **fibre ottiche**.

Struttura delle fibre ottiche

- Sono sottilissimi ($\approx 200 \mu\text{m}$) **fil di materiale vetroso** (silice, SiO_2), in cui si propaga una radiazione luminosa.
- Il sottilissimo filo cilindrico centrale in vetro, detto **nucleo** (*core*), è immerso in uno strato esterno anch'esso di vetro, detto **mantello** (*cladding*), che presenta un indice di rifrazione diverso rispetto a quello del nucleo.



Cavi in fibra ottica



- Il filo così realizzato è poi ricoperto da un apposito **rivestimento protettivo** e raggruppato insieme ad altre fibre in una **guaina** esterna per formare un **cavo in fibra ottica**.

Prestazioni delle fibre ottiche

1. **Peso ed ingombro** ridotti, a parità di **banda passante**, rispetto ad altri mezzi trasmissivi.
 - due fibre ottiche, ad esempio, hanno una **banda maggiore** di quella che si otterrebbe con 1000 doppini, e hanno un **peso** di ca. 100 kg/km contro gli 8000 kg/km dei doppini).

Prestazioni delle fibre ottiche

2. Totale **immunità dai disturbi e.m.**, come **interferenze e. m.**, **EMI**, e **interferenze radio**, **RFI**, notevolmente presenti in ambito industriale e che si accoppiano al segnale negli altri mezzi trasmissivi.
3. Consentono **l'isolamento elettrico** tra Trasmettitore e Ricevitore.
4. Sono **più sicure** di altri mezzi (rendono più difficile l'intrusione nelle comunicazioni poiché ci si accorge facilmente se un estraneo sta inserendo una sonda nel cavo).

Prestazioni delle fibre ottiche

5. **Resistenza maggiore** ai fattori ambientali. Possono attraversare ambienti speciali in cui sono presenti esplosivi o liquidi (infatti non trasportando energia elettrica non sono soggette a cortocircuiti o archi elettrici).
6. **Durata** maggiore degli altri mezzi (il vetro è materiale inerte e non subisce corrosione).
7. Basso rapporto ***prezzo/velocità di trasmissione e prezzo /lunghezza.***

Attenuazione

8. Consentono distanze di trasmissione notevolmente maggiori e una eccellente qualità del segnale, perché l'**attenuazione** del segnale è **molto bassa: fino a 0,2 dB/km.**

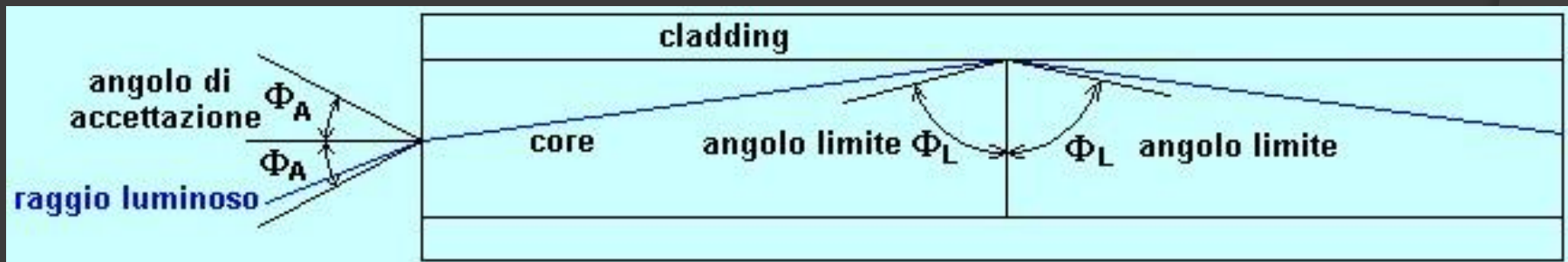
- Con una tale attenuazione una fibra è in grado di guidare la luce per distanze di 100 km, senza la necessità di rigenerare il segnale

Punti critici delle fibre ottiche

- 1) Consentono la comunicazione in **una sola direzione** (nei due sensi sarebbero necessarie 2 fibre).
- 2) Ne è costosa la **realizzazione costruttiva** e la connessione tra fibre.
- 3) Gli accessori e gli strumenti di prova sono **costosi**.

Propagazione nella fibra

- Le Leggi della riflessione e della rifrazione ci permettono di stabilire **due condizioni** da rispettare al fine di ottenere la propagazione della luce per **riflessione totale** all'interno del nucleo:
 - 1) il **nucleo** deve avere un **indice di rifrazione (n_1)** maggiore di quello del **mantello (n_2)**;
 - 2) l'**angolo di incidenza** del raggio luminoso all'interno del nucleo deve essere maggiore di un certo **angolo limite** Φ_L (che dipende dagli indici di rifrazione n_1 e n_2) superato il quale si ha l'assenza del raggio rifratto e si ha solo quello riflesso, che contiene tutta l'energia del fascio incidente.



Dispersione modale

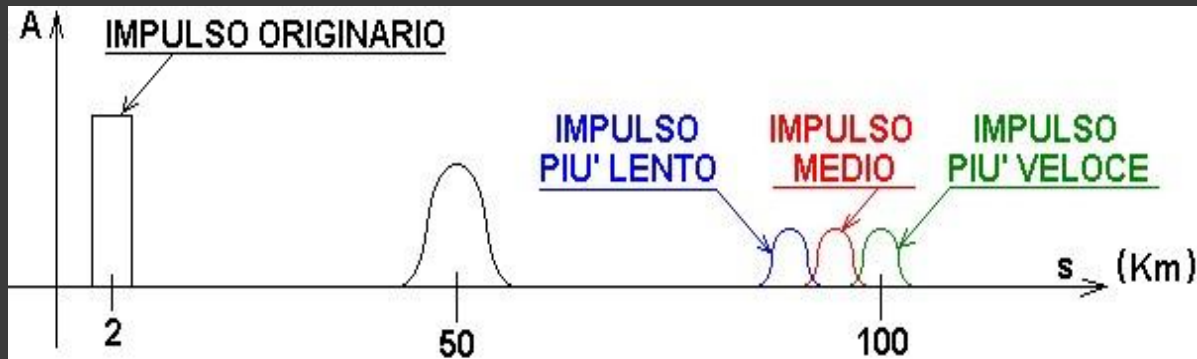
Dispersione modale

Se il diametro del nucleo di una fibra è abbastanza ampio ($>10\mu\text{m}$), un impulso luminoso che entra nella fibra origina diversi raggi, con diversi percorsi, detti **modi di propagazione**).



Dispersione modale

- Ciascun **modo** comporta una diversa lunghezza di percorso, quindi un tempo di percorrenza diverso tra ingresso e uscita. Questo produce una deformazione (= **dispersione modale**) del segnale ricostruito al rivelatore finale, a causa della *interferenza intersimbolica* (sovrapposizione di impulsi luminosi).

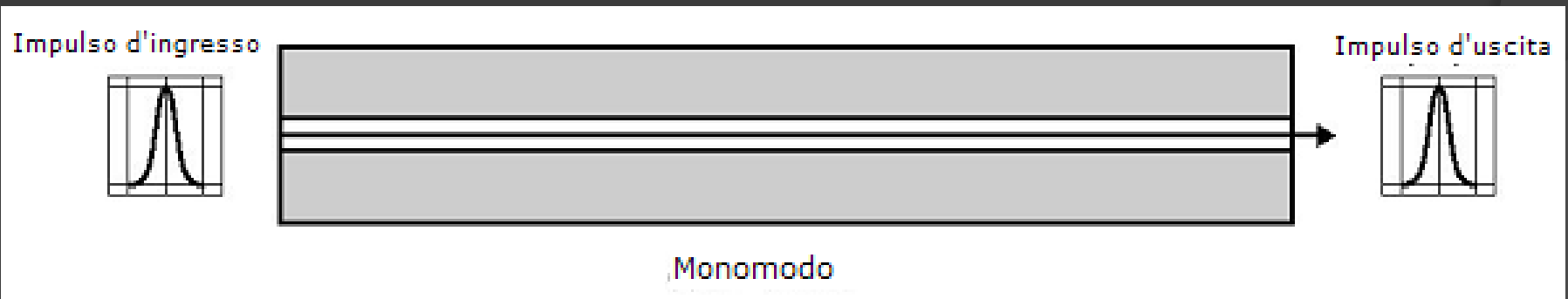


Dispersione modale

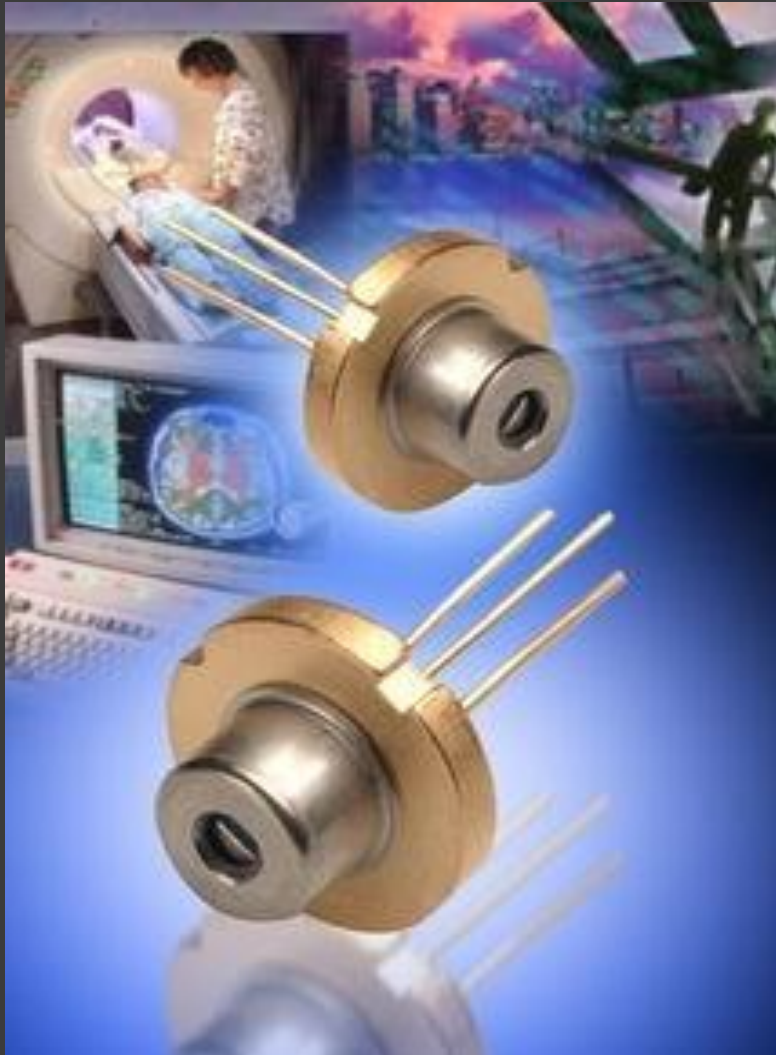
- **Per limitare la dispersione modale occorre:**
 - ❑ **ridurre** al massimo la differenza tra gli indici di rifrazione n_1 ed n_2 del nucleo e del mantello

Fibre monomodali

- Il problema della **dispersione modale** si può risolvere radicalmente solo realizzando fibre in cui sia permesso un **unico modo di propagazione** (***fibre monomodali o single mode***), caratterizzato da un raggio che si propaga in un solo modo, ossia in linea retta.



Fibre monomodali



- ⊙ Per far ciò occorre rimpicciolire il diametro del nucleo fino a **8-10 μm** .
- ⊙ Ciò aumenta notevolmente sia la **velocità trasmissiva** sia la **distanza** a cui si possono inviare i dati.
- ⊙ La dimensione del nucleo, tuttavia, rende problematico l'**accoppiamento** della sorgente luminosa, che in tal caso deve essere un **LASER all'infrarosso**, concentrato.

Fibre monomodali e multimodali

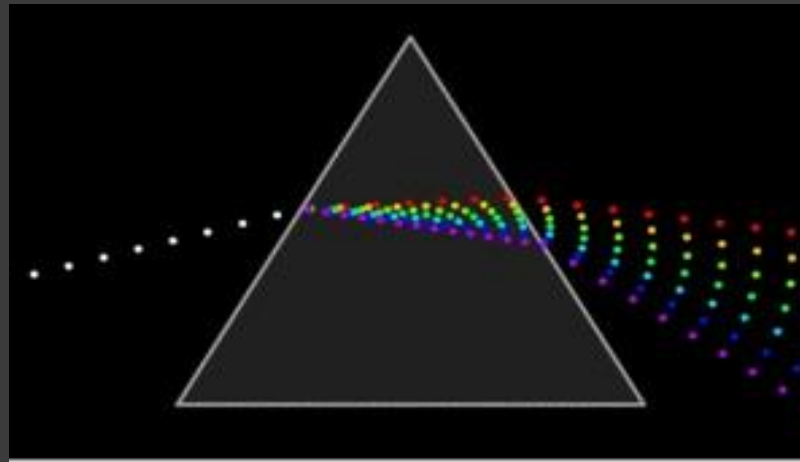
Confronto tra fibra monomodale e multimodale:

	FIBRA MONOMODALE	FIBRA MULTIMODALE
NUCLEO	Piccolo ($< 10 \mu\text{m.}$)	Più grande ($50 \mu\text{m}$, $62,5 \mu\text{m}$ o più)
DISPERSIONE	Prevale la dispersione cromatica.	Prevale la dispersione modale.
DISTANZA COPERTA	Adatto per applicazioni a lunga distanza (fino a 3 km).	Lunghe distanze ma minori che nel caso monomodale (fino a 2 km).
SORGENTE LUMINOSA	Utilizzo di LASER, più pericolosi.	Utilizzo del LED, che dà meno problemi di sicurezza.
CONNESSIONE	Più difficoltosa a causa del nucleo piccolo.	Meno difficoltosa (nucleo più grande).
COSTO	Maggiore	Minore
POTENZA OTTICA	Maggiore	Minore

Dispersione cromatica

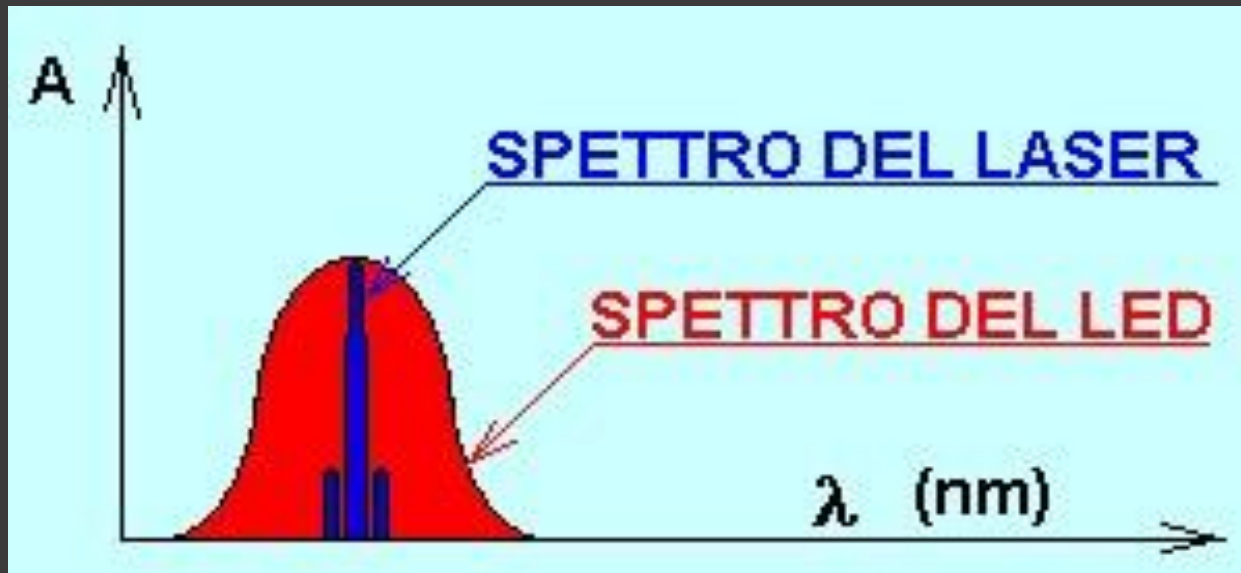
3. Dispersione cromatica.

- E' causata dal diverso comportamento della fibra **al variare della lunghezza d'onda λ** (ossia del *colore*) della radiazione che vi si propaga.
- Ciò è dovuto al fatto che la sorgente luminosa ha una certa ***larghezza spettrale***, in quanto la radiazione immessa nella fibra non ha mai una lunghezza d'onda stabilita con precisione, bensì ha un $\Delta\lambda$ (da qualche nm a qualche decina di nm).



Dispersione cromatica

- Anche questo tipo di dispersione ha come risultato la restituzione all'estremità più lontana di un **impulso allargato** e più basso rispetto all'impulso di origine.
- La dispersione cromatica si riduce impiegando sorgenti con **stretta larghezza spettrale (LASER)** in cui $\Delta\lambda \approx 1-3 \text{ nm}$.



Sistema di trasmissione ottica

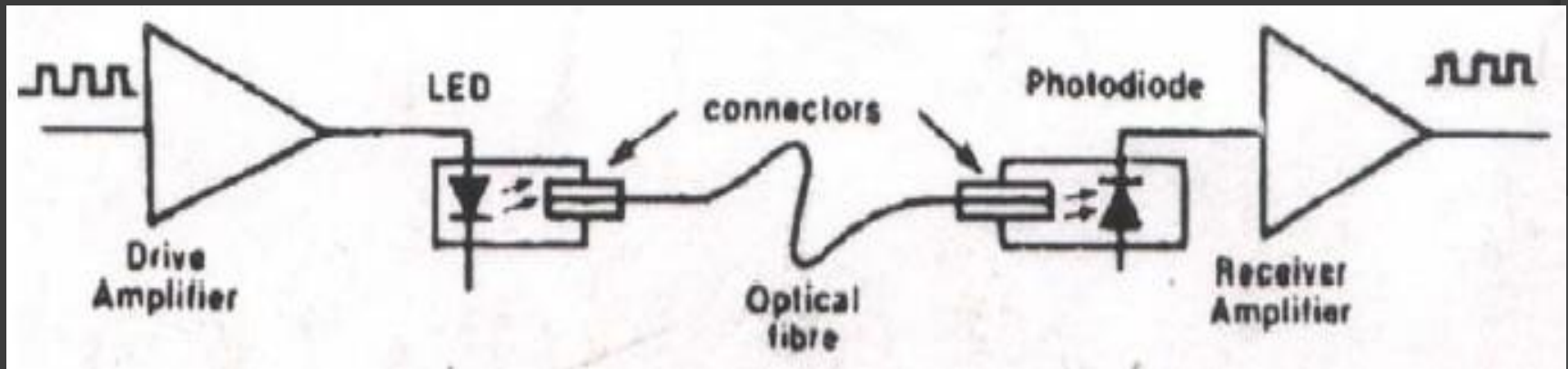
- ⦿ La propagazione entro una fibra ottica avviene in ***formato numerico***.
- ⦿ Infatti, sebbene sia possibile generare e trasmettere un segnale luminoso che vari in maniera *analogica*, la trasmissione su fibra ne determinerebbe una **distorsione** tale da renderlo inutilizzabile.
- ⦿ In conclusione l'unico tipo di segnale che viene scambiato in un sistema ottico è quello ***digitale binario***.

Sistema di trasmissione ottica

- Un sistema di trasmissione ottica necessita di **tre componenti fondamentali**:
 - 1) La **sorgente luminosa**, un *LED* o un *LASER*, che trasforma i segnali elettrici *digitali* in una serie di impulsi luminosi (convertitore Elettro/Ottico);
 - 2) il **mezzo di trasmissione**, cioè la fibra ottica vera e propria;
 - 3) il **fotodiodo ricevitore** (convertitore Ottico / Elettrico), che riconverte gli impulsi luminosi nei segnali elettrici originari. Il *tempo di risposta* t_R di un fotodiodo è ≈ 1 ns e questo limita la *velocità di trasmissione* su una fibra ottica a $1/t_R \cong 1$ Gbit/s.

Sistema di trasmissione ottica

- Lo schema seguente rappresenta genericamente un collegamento tra una **sorgente** ed un **ricevente** collegati da un **canale di trasmissione ottico**.

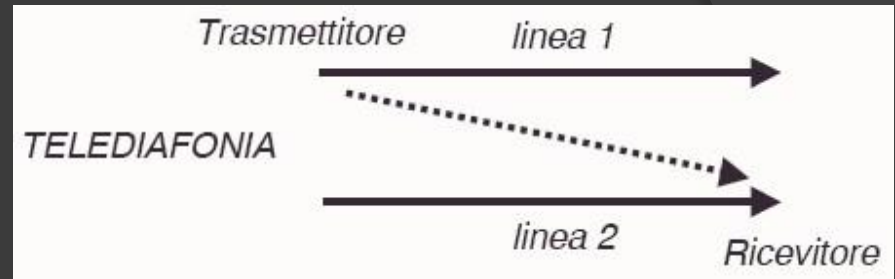
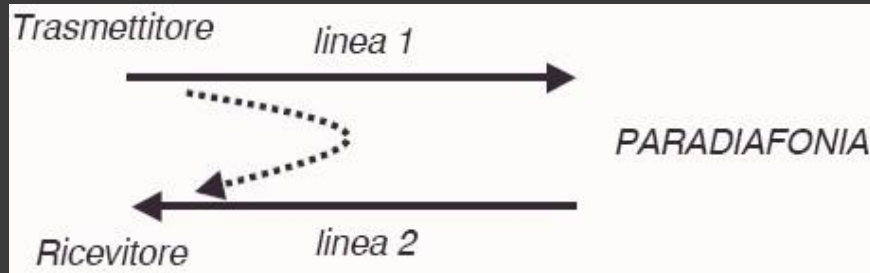


La diafonia-1

- Se due cavi sono disposti uno vicino all'altro, il passaggio di corrente in essi genera dei campi magnetici e ogni cavo produce disturbo per l'altro. Questo fenomeno prende il nome di **diafonia**.
- Nel doppino ritorto la emissione di campi e.m. viene limitata in quanto le correnti che scorrono nei due conduttori sono **uguali e opposte in fase**, generando così campi magnetici opposti che tendono ad elidersi.
- Vi sono due tipi di diafonia: la **paradiafonia** (o diafonia vicina) e la **telediafonia** (o diafonia lontana).



La diafonia-2



- Nella **paradiafonia** il disturbo interessa i morsetti del doppino disturbato *vicini* (lato TX) ai morsetti TX del doppino disturbante;
- Nella **telediafonia** il disturbo si fa sentire ai morsetti del doppino disturbato *lontani* (lato RX) dai morsetti TX del doppino disturbante.
- La paradiafonia assume maggiore importanza poiché il segnale disturbante agisce quando ancora non è attenuato dalla propagazione.

L'attenuazione

Con **Attenuazione** si definisce il rapporto tra la tensione del segnale in ingresso al cavo e la tensione misurabile all'altra estremità.

E' espressa in Decibel e, poichè si tratta del rapporto tra un segnale minore e uno maggiore, ha segno negativo.

L'Impedenza

Con **Impedenza** si definisce l'ostacolo che il conduttore oppone al passaggio della corrente.

Si misura in Ohm.

L'obiettivo è quello di ottenere cavi con bassa impedenza in modo da avere prestazioni sempre costanti garantendo il massimo trasferimento di segnale

Doppini per LAN

- ⦿ Negli ultimi anni i doppini hanno **migliorato** notevolmente le loro **prestazioni**.
- ⦿ La tecnologia consente di supportare frequenze trasmissive di **500-600 Mbit/s**, rendendo il doppino una valida alternativa alla fibra ottica in questa gamma di frequenze.

Costruzione di una fibra ottica

- Le fibre ottiche per telecomunicazioni vengono realizzate mediante tecniche basate sulla **deposizione chimica in fase di vapore** (CVD, Chemical Vapour Deposition), le quali permettono di sintetizzare il materiale vetroso con un elevato grado di purezza.
- La costruzione implica due distinte fasi operative:
 - La realizzazione della **preforma**.
 - La realizzazione della **fibra vera e propria** a partire dalla preforma.